

**OPTIMALISASI SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH
DOMESTIK DOMESTIK (SPALD-T) DI RT 001 DAN
RT 002 DESA GUNDIK, KECAMATAN SLAHUNG,
KABUPATEN PONOROGO**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)
pada Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh

TRI SUNAN AGUNG

NIM. H75219033

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
2023**



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Tri Sunan Agung
Nim : H75219033
Program Studi : Teknik Lingkungan
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **“OPTIMALISASI SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T) DI RT 001 DAN RT 002 DESA GUNDIK, KECAMATAN SLAHUNG, KABUPATEN PONOROGO”**. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan Tindakan plagiat maka saya bersedia menerima saksi yang ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 April 2023

Yang Menyatakan



(TRI SUNAN AGUNG)

NIM. H75219033



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Tri Sunan Agung
NIM : H75219033
Judul Tugas Akhir : Optimalisasi Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat
(SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan
Slahung, Kabupaten Ponorogo

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 11 April 2023

Dosen Pembimbing 1

Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T.
NIP. 198503222014032003

Dosen Pembimbing 2

Sulistiva Nengse, M.T.
NIP. 199010092020122019



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Oleh,

Nama : Tri Sunan Agung

NIM : H75219033

Judul : Optimalisasi Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat
(SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung,
Kabupaten Ponorogo

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi

Surabaya, 14 April 2023

Mengetahui,

Dosen Penguji,

Penguji I

Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T.

NIP. 198503222014032003

Penguji III

Amrullah, M.Ag.

NIP. 197309032006041001

Penguji II

Sulistiya Nengse, M.T.

NIP. 199010092020122019

Penguji IV

Teguh Taruna Utama, M.T.

NUP. 201603319

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



A Saepul Hamdani, M. Pd.

NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : TRI SUNAN AGUNG
NIM : H75219033
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : trisunanagung@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
 Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

OPTIMALISASI SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK

TERPUSAT (SPALD-T) DI RT 001 DAN RT 002 DESA GUNDIK,

KECAMATAN SLAHUNG, KABUPATEN PONOROGO

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 26 April 2023

Penulis

(TRISUNAN AGUNG)

ABSTRAK

Pengelolaan air limbah berpotensi menciptakan kondisi lingkungan yang sehat di suatu daerah. SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung merupakan salah satu program pembangunan “Sanimas Reguler 2021 Kabupaten Ponorogo” dalam mengatasi permasalahan air limbah domestik di daerah tersebut. Berdasarkan kondisi eksisting di lapangan, terdapat beberapa permasalahan yang timbul, seperti: diameter pipa tidak sesuai debit air limbah dan kemiringan pipa kurang dari 0,6%, serta air limbah domestik olahan masih berbau dan keruh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting, evaluasi, optimalisasi, dan estimasi RAB teknis SPALD-T. Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, dengan waktu penelitian mulai 25 November 2022 hingga 28 Februari 2023. Tahapan penelitian dibagi menjadi 3, yaitu: persiapan, pelaksanaan, dan analisis data. Teknik analisis data terbagi menjadi 4, yaitu: Debit air dan karakteristik air limbah, evaluasi, optimalisasi, dan estimasi RAB teknis optimalisasi SPALD-T. Hasil penelitian didapatkan kondisi eksisting berupa total timbulan air limbah akhir adalah 4,6602 m³/jam. Karakteristik air limbah olahan adalah pH 8,25, Suhu 20,7°C, BOD 11,43 mg/l, COD 38,443 mg/l, TSS 2,01 mg/l, Minyak dan Lemak 3,28 mg/l, Amonia 14,0 mg/l, dan Coliform 1600 x 10² MPN/100 ml. Hasil evaluasi SPALD-T adalah 1) Evaluasi teknis pada sub sistem pelayanan berupa pipa persil dan bak kontrol. Sub sistem pengumpulan berupa diameter, slope, dan tinggi galian pipa. Sub sistem pengumpulan berupa ketinggian basah air limbah, rasio bak pengendap, dan jumlah media filter; 2) Evaluasi operasional pada setiap operasi dan perawatan di sub sistem pelayanan, pengumpulan, dan pengolahan; 3) Evaluasi kelembagaan berupa kondisi keuangan, manajemen administrasi, SDM, dan peran masyarakat sekitar. Sedangkan hasil optimalisasi adalah 1) Optimalisasi teknis pada sub sistem pelayanan berupa pipa persil dan bak kontrol. Sub sistem pengumpulan berupa diameter 150 mm menjadi 100 mm, slope pipa 0,4% menjadi 0,6%, dan tinggi galian pipa sesuai dengan perhitungan. Sub sistem pengumpulan berupa pembongkaran dan penambahan dimensi ruang bak pengendap, penambahan media filter, dan desinfeksi, serta pipa outlet menyesuaikan tinggi sungai; 2) Optimalisasi operasional berupa pembenah alur SOP pada setiap sub-bab pelayanan, pengumpulan, dan pengolahan; 3) Optimalisasi kelembagaan berupa perhitungan NPV dan IRR di bidang keuangan, pengarsipan dokumen, penjelasan tupoksi jabatan, dan peranan forum masyarakat. Estimasi perhitungan RAB untuk optimalisasi teknis SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo adalah sebesar Rp. 627.291.192,02-. Penelitian ini memberikan saran supaya diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai elevasi tanah disetiap titik manhole menggunakan alat seperti theodolite dan perlu penerapan langsung SOP kelembagaan yang baik kedepannya.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik, Evaluasi, Optimalisasi, SPALD-T

ABSTRACT

Wastewater management has the potential to create healthy environmental conditions in an area. SPALD-T in RT 001 and RT 002 Gundik Village, Slahung District is one of the "Regular Sanimas 2021 Ponorogo Regency" development programs in overcoming domestic wastewater problems in the area. Based on the conditions in the field, there are several problems that arise, such as: the pipe diameter does not match the wastewater discharge and the slope is less than 0.6%, and the domestic wastewater still smells and is cloudy. This study aims to determine the existing conditions, evaluate, optimize, and estimate the SPALD-T technical RAB. This research is a type of quantitative research, with research time from 25 November 2022 to 28 February 2023. The research stages are divided into 3, namely: preparation, implementation, and data analysis. Data analysis techniques are divided into 4, namely: Water discharge and wastewater characteristics, evaluation, optimization, and estimation of technical optimization of RAB SPALD-T. The research results obtained from the existing conditions in the form of total final waste water generation is 4.6602 m³/hour. The characteristics of treated wastewater are pH 8.25, temperature 20.7°C, BOD 11.43 mg/l, COD 38.443 mg/l, TSS 2.01 mg/l, Oil and Grease 3.28 mg/l, Ammonia 14.0 mg/l, and Coliform 1600 x 10² MPN/100 ml. The results of the SPALD-T evaluation are 1) Technical evaluation of the service sub-system in the form of parcel pipes and control tanks. Sub-collection system in the form of diameter, slope, and high excavation pipe. The collection sub system consists of the wet height of the wastewater, the ratio of settling tanks, and the amount of filter media; 2) Operational evaluation of each operation and maintenance in the service, collection and processing sub-systems; 3) Institutional evaluation in the form of financial conditions, management administration, human resources, and the role of the surrounding community. While the optimization results are 1) Technical optimization of the service sub-system in the form of parcel pipes and control tanks. The collection sub system is a diameter of 150 mm to 100 mm, a pipe slope of 0.4% to 0.6%, and the height of the pipe excavation is in accordance with the calculations. The collection sub-system consists of dismantling and adding the dimensions of the settling tank space, adding filter media, and disinfection, as well as the outlet pipe adjusting the height of the river; 2) Operational optimization in the form of flow improvement SOPs in each service, collection and processing sub-chapter; 3) Institutional optimization in the form of NPV and IRR calculations in the financial sector, document filing, explanation of job duties and functions, and the role of community forums. Estimated completion of RAB for technical optimization of SPALD-T in RT 001 and RT 002 Gundik Village, Slahung District, Ponorogo Regency is Rp. 627,291,192.02-. This study provides suggestions that further research is needed regarding soil elevation at each manhole point using tools such as theodolite and the need for direct application of good institutional SOPs in the future.

Keywords: *Domestic Wastewater, Evaluation, Optimization, SPALD-T*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengertian Air Limbah.....	7
2.2 Sumber Air Limbah	10
2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik	11
2.3.1 Karakteristik Fisika	13
2.3.2 Karakteristik Kimia.....	14
2.3.3 Karakteristik Biologi.....	16
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik	17
2.5 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T)	19
2.5.1 Perhitungan Timbulan Air Limbah	22
2.5.2 Perhitungan <i>Self Cleaning Velocity</i>	24
2.5.3 Perhitungan Tinggi Galian Pipa.....	26

2.5.4	Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	27
2.6	Penelitian Terdahulu	30
BAB III	.....	34
METODE PENELITIAN	.....	34
3.1	Jenis Penelitian.....	34
3.2	Waktu Penelitian.....	34
3.3	Lokasi Penelitian.....	34
3.4	Diagram Alir Penelitian	36
3.4.1	Tahap Persiapan	37
3.4.2	Tahap Pelaksanaan.....	37
3.4.3	Tahap Analisis Data	41
3.4.3.1	Debit Air dan Karakteristik Air Limbah.....	42
3.4.3.2	Evaluasi SPALD-T	43
3.4.3.3	Optimalisasi SPALD-T.....	46
3.4.3.4	Perhitungan BOQ dan RAB Optimalisasi SPALD-T	46
BAB IV	.....	47
GAMBARAN UMUM DESA GUNDIK DAN SPALD-T RT 001 RT 002 DESA		
GUNDIK KECAMATAN SLAHUNG	.....	47
4.1.	Gambaran Umum Desa Gundik.....	47
4.1.1.	Sejarah Desa Gundik.....	49
4.1.2.	Demografi Desa Gundik	50
4.1.3.	Kondisi Perekonomian Desa Gundik.....	51
4.1.4.	Kondisi Kebudayaan Desa Gundik	51
4.2.	SPALD RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung	52
4.2.1.	Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM)	54
4.2.2.	Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara (KPP).....	55
BAB V	.....	58
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	58
5.1.	Kondisi Eksisting SPALD-T Gundik.....	58
5.1.1.	Debit Air Limbah SPALD-T Gundik.....	58
5.1.2.	Karakteristik Air Limbah SPALD-T Gundik.....	63
5.1.3.	Sistem Penyaluran Air Limbah SPALD-T Gundik.....	64
5.1.4.	Instalasi Pengolahan Air Limbah SPALD-T Gundik.....	69
5.2.	Evaluasi SPALD-T Gundik	80
5.2.1.	Evaluasi Teknis.....	80
5.2.2.	Evaluasi Operasional dan Pemeliharaan	113

5.2.3. Evaluasi Kelembagaan.....	116
5.3. Optimalisasi SPALD-T Gundik.....	117
5.3.1. Optimalisasi Teknis.....	117
5.3.2. Optimalisasi Operasional dan Pemeliharaan.....	134
5.3.3. Optimalisasi Kelembagaan	145
5.4. BOQ dan RAB Optimalisasi SPALD-T Gundik.....	153
BAB V	160
PENUTUP	160
6.1. Kesimpulan	160
6.2. Saran	161
DAFTAR PUSTAKA	162
LAMPIRAN DOKUMEN ADMINISTRASI.....	166
LAMPIRAN DETAIL PERHITUNGAN.....	173
LAMPIRAN DETAIL GAMBAR.....	241



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rincian Pemakaian Air Rumah Tangga/Domestik	10
Tabel 2.2 Kandungan Bahan Pencemar di dalam Limbah Cair Domestik	12
Tabel 2.3 Baku Mutu Limbah Cair Domestik.....	18
Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Kebutuhan Air	23
Tabel 3. 1 Daftar Pertanyaan Kuisisioner.....	38
Tabel 3. 2 Rincian Data Primer.....	39
Tabel 3. 3 Rincian Data Sekunder	41
Tabel 4. 1 Susunan Pengurus KSM Honggo Taruna Berkah.....	54
Tabel 4. 2 Susunan Pengurus KPP Honggo Taruna Berkah	56
Tabel 5. 1 Karakteristik Air Limbah SPALD-T Gundik	63
Tabel 5. 2 Data Jalur Pipa Penyaluran SPALD-T Desa Gundik.....	66
Tabel 5. 3 Detail Ukuran Bak Inlet	75
Tabel 5. 4 Detail Ukuran Bak Pengendap.....	76
Tabel 5. 5 Detail Ukuran Bak Pengendap (Lumpur)	77
Tabel 5. 6 Detail Ukuran Anaerobik Filter	77
Tabel 5. 7 Detail Ukuran Bak Outlet	79
Tabel 5. 8 Hasil Evaluasi Pipa Tinja Pelayanan	80
Tabel 5. 9 Hasil Evaluasi Pipa Non-Tinja.....	81
Tabel 5. 10 Hasil Evaluasi Bak Penangkap Lemak	81
Tabel 5. 11 Hasil Evaluasi Pipa Persil	82
Tabel 5. 12 Hasil Evaluasi Bak Kontrol.....	83
Tabel 5. 13 Hasil Evaluasi Diameter Pipa Sub Pengumpulan	94
Tabel 5. 14 Hasil Evaluasi Slope Pipa Sub Pengumpulan.....	97
Tabel 5. 15 Hasil Evaluasi Tinggi Galian Pipa Sub Penyaluran.....	100
Tabel 5. 16 Hasil Evaluasi Bak Inlet IPALD.....	104
Tabel 5. 17 Hasil Evaluasi Bak Pengendap IPALD.....	107
Tabel 5. 18 Hasil Evaluasi Anaerobik Filter	109
Tabel 5. 19 Hasil Evaluasi Bak Outlet IPALD Desa Gundik	110
Tabel 5. 20 Evaluasi Operasional Sub-bab Pelayanan.....	113
Tabel 5. 21 Evaluasi Pemeliharaan Sub-bab Pelayanan	113

Tabel 5. 22 Evaluasi Operasional Sub-bab Pengumpulan	114
Tabel 5. 23 Evaluasi Pemeliharaan Sub-bab Pengumpulan.....	114
Tabel 5. 24 Evaluasi Operasional Sub-bab Pengolahan.....	115
Tabel 5. 25 Evaluasi Pemeliharaan Sub-bab Pengolahan	116
Tabel 5. 26 Evaluasi Kelembagaan Sub-bab Pengolahan	116
Tabel 5. 27 Optimalisasi Sub-bab Pelayanan.....	118
Tabel 5. 28 Optimalisasi Sub-bab Pengumpulan	121
Tabel 5. 29 Optimalisasi Teknis Sub-bab Pengolahan IPALD.....	124
Tabel 5. 30 Rencana Pengeluaran Laporan Sub-sistem Pelayanan.....	136
Tabel 5. 31 Contoh Laporan Harian Sub-sistem Pelayanan	137
Tabel 5. 32 Contoh Laporan Mingguan Sub-sistem Pelayanan.....	137
Tabel 5. 33 Rencana Pengeluaran Laporan Sub-sistem Pengumpulan	140
Tabel 5. 34 Hasil Hitung NPV 5%.....	147
Tabel 5. 35 Hasil Hitung NPV 20%.....	148
Tabel 5. 36 Hasil Hitung NPV 50%.....	148
Tabel 5. 37 Hasil Hitung IRR Optimalisasi SPALD-T.....	150
Tabel 5. 38 SDM SPALD-T Beserta Tugasnya	151
Tabel 5. 39 Form Tingkat Kepuasan Pelanggan	153

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik F peak.....	24
Gambar 2.2 Grafik Nilai Debit Puncak Air Limbah.....	24
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian: SPALD-T Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.....	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 4	36
Gambar 4. 1 Balai Desa Gundik, Kecamatan Slahung	47
Gambar 4. 2 Sketsa Desa Gundik, Kecamatan Slahung	48
Gambar 4. 3 (kiri) Pemasangan Manhole Saluran Pipa ; (kanan) Penggalan Tanah Saluran Pipa	52
Gambar 4. 4 (kiri) Pembuatan Pondasi IPAL ; (kanan) Pembuatan Kerangka Dinding dan Kolom IPAL.....	53
Gambar 4. 5 (kiri) Penulangan dan Cor IPAL; (kanan) Tahap Akhir Pemasangan Lubang IPAL.....	53
Gambar 4. 6 Tampak Atas Depan IPAL	53
Gambar 4. 7 Tampak Atas Samping IPAL	54
Gambar 4. 8 Penetapan KSM dan Anggaran Sanimas Reguler	55
Gambar 4. 9 Pengurus KSM Honggo Taruna Berkah.....	55
Gambar 4. 10 Bagan Organisasi KPP Honggo Taruna Berkah	57
Gambar 4. 11 Serah Terima KPP Honggo Taruna Berkah	57
Gambar 5. 1 Jalur Pipa SPALD-T Desa Gundik.....	65
Gambar 5. 2 Kondisi Eksisting Salah Satu Manhole	69
Gambar 5. 3 Kondisi Eksisting Salah Satu Bak Kontrol	69
Gambar 5. 4 Denah IPAL Domestik Desa Gundik	70
Gambar 5. 5 Tampak Atas IPAL Domestik Desa Gundik.....	71
Gambar 5. 6 Potongan AA IPAL Domestik Desa Gundik.....	72
Gambar 5. 7 Potongan BB IPAL Domestik Desa Gundik.....	73
Gambar 5. 8 Potongan C, D, dan E IPAL Domestik Desa Gundik	74
Gambar 5. 9 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Inlet.....	75
Gambar 5. 10 Kondisi Eksisting Bak Inlet	75
Gambar 5. 11 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Pengendap.....	76

Gambar 5. 12 Kondisi Eksisting Bak Pengendap	77
Gambar 5. 13 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Anaerobik Filter	78
Gambar 5. 14 Kondisi Eksisting Bak Anaerobik Filter	78
Gambar 5. 15 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Outlet	79
Gambar 5. 16 Kondisi Eksisting Bak Outlet.....	79
Gambar 5. 17 (a) Bak Kontrol Sesuai Peraturan; (b) Bak Kontrol SPALD-T Gundik	83
Gambar 5. 18 Kondisi Bak Kontrol Dengan Padatan Didalamnya.....	84
Gambar 5. 19 Kelebihan Tinggi Manhole (MH 9)	103
Gambar 5. 20 Kelebihan Tinggi Manhole (MH 16)	104
Gambar 5. 21 Evaluasi Teknis IPAL Domestik Desa Gundik (Denah).....	111
Gambar 5. 22 Evaluasi Teknis IPAL Domestik Desa Gundik (Potongan)	112
Gambar 5. 23 Optimalisasi Grase Trap Sub-Sistem Pelayanan.....	119
Gambar 5. 24 Optimalisasi Bak Kontrol Sub-sistem Pelayanan	120
Gambar 5. 25 Optimalisasi Jalur Pipa Sub-Sistem Pengumpulan	122
Gambar 5. 26 Profil Hidrolis Optimalisasi Sub-sistem Pengumpulan.....	123
Gambar 5. 27 Rencana Pompa Klorinasi Ailipu tipe JM.....	131
Gambar 5. 28 Optimalisasi IPAL Domestik (Denah) Sub-sistem Pengolahan...	132
Gambar 5. 29 Optimalisasi IPAL Domestik (Potongan) Sub-sistem Pengolahan	133
Gambar 5. 30 Rencana Alur Prosedur OP Sub-sistem Pelayanan	138
Gambar 5. 31 Rencana Alur Prosedur OP Sub-sistem Pengumpulan.....	140
Gambar 5. 32 Rencana Alur Prosedur OP Sub-sistem Pengolahan.....	144
Gambar 5. 33 Volume Pekerjaan BOQ di Sub-sistem Pelayanan	157
Gambar 5. 34 Volume Pekerjaan BOQ di Sub-sistem Pengumpulan.....	158
Gambar 5. 35 Volume Pekerjaan BOQ di Sub-sistem Pengolahan	159

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan air limbah yang baik dapat menciptakan kondisi lingkungan yang sehat di suatu daerah. Pengelolaan air limbah merupakan upaya penyaluran dan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air, seperti: danau, laut, dan sungai (Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, 2018). Badan air digunakan sebagai air baku untuk kebutuhan air bersih masyarakat. Pemakaian air bersih mengalami peningkatan akibat kenaikan jumlah penduduk, sehingga jumlah air limbah pun turut meningkat (Rakhmananda dkk., 2016). Pembuangan air limbah tanpa pengelolaan terlebih dahulu dapat mencemari lingkungan. Pencemaran ini akan mengganggu kesehatan warga sekitar dan menyebabkan penurunan daya tampung lingkungan (Rosadi dkk., 2017).

Menurut *Sustainable Development Goals* (SDGs), PBB telah menetapkan 17 poin tujuan dengan 169 capaian sebagai agenda pembangunan dunia sampai dengan tahun 2030. Salah satu dari 17 tujuan tersebut merupakan air bersih dan sanitasi layak pada poin ke-6. Tujuan tersebut memiliki capaian berupa kemudahan sanitasi dan penanganan air limbah yang baik. Oleh karena itu, Indonesia berupaya melakukan berupa pembangunan infrastruktur air limbah sistem Domestik dan peningkatan pengelolaan lumpur tinja (Rahmanissa & Slamet, 2017).

Sistem pengelolaan air limbah menggunakan sistem *onsite* banyak diterapkan di Kabupaten Ponorogo. Sistem *onsite* menggunakan tangki septik untuk menampung air kotor dari toilet, sedangkan air sisa dan bekas langsung dibuang ke saluran drainase (Odagiri dkk., 2021). Berdasarkan kondisi lapangan, pembangunan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik dan selanjutnya disingkat dengan SPALD-T telah dilakukan di Kabupaten Ponorogo. Pembangunan tersebut bertujuan untuk menjadi solusi permasalahan air limbah di Kabupaten Ponorogo.

Nabi Muhammad shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda:

عَنْ عَبْدِ اللَّهِ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: كُلُّكُمْ رَاعٍ فَمَسْئُولٌ عَنْ رَعِيَّتِهِ فَالْأَمِيرُ الَّذِي عَلَى النَّاسِ رَاعٍ وَهُوَ مَسْئُولٌ عَنْهُمْ وَالرَّجُلُ رَاعٍ عَلَى أَهْلِ بَيْتِهِ وَهُوَ مَسْئُولٌ عَنْهُمْ وَالْمَرْأَةُ رَاعِيَةٌ عَلَى بَيْتِ بَعْلِهَا وَوَلَدِهِ وَهِيَ مَسْئُولَةٌ عَنْهُمْ وَالْعَبْدُ رَاعٍ عَلَى مَالِ سَيِّدِهِ وَهُوَ مَسْئُولٌ عَنْهُ إِلَّا فَكُلُّكُمْ رَاعٍ وَكُلُّكُمْ مَسْئُولٌ عَنْ رَعِيَّتِهِ

Artinya:

Dari Abdullah (Ibn Umar) ra (berkata), Rasulullah saw bersabda: “Setiap orang di antara kalian adalah pemimpin dan setiap orang di antara kalian akan dimintai pertanggung jawaban atas kepemimpinannya terhadap rakyatnya. Pemimpin yang mengatur kehidupan rakyat adalah pemimpin atas mereka, dan ia akan dimintai pertanggung jawaban atas diri mereka. Seorang kepala rumah tangga adalah pemimpin atas keluarganya dan ia akan dimintai pertanggung jawaban atas diri mereka. Seorang istri adalah pemimpin atas pengelolaan rumah suaminya dan anaknya, dan ia akan dimintai pertanggung jawaban atas diri mereka. Seorang budak adalah pemimpin atas harta tuannya, dan ia akan dimintai pertanggung jawaban atas harta tersebut. Ketahuilah, setiap orang di antara kalian adalah pemimpin dan ia akan dimintai pertanggung jawaban atas kepemimpinannya.” (HR. Bukhari no. 2554 dan Muslim no. 1829).

Hadist tersebut menjelaskan bahwa seorang pemimpin selalu dimintai pertanggungjawabannya atas orang atau masyarakat yang dipimpinnya. Hal tersebut sesuai dengan pihak Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) yang bertanggung jawab atas segala bentuk proyek maupun pembangunan layak kepada masyarakat. Pembangunan yang baik dapat menciptakan kondisi masyarakat tentram dan lingkungan nyaman, seperti proyek SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung dalam mengatasi permasalahan air limbah di Kabupaten Ponorogo.

SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung merupakan salah satu program pembangunan “Sanimas Reguler 2021 Kabupaten Ponorogo” dalam mengatasi permasalahan air limbah domestik di daerah tersebut. SPALD-T tersebut memiliki panjang pipa induk sekitar

1.057,8 meter dan tinggi galian pipa berkisar 0,25 hingga 1,26 meter di atas permukaan tanah. Data lapangan dan observasi menunjukkan bahwa, tidak terdapat perhitungan khusus tentang diameter pipa dan kemiringan pipa yang dipakai dalam proyek SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik. Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) yang digunakan, yaitu: Bak Inlet, Bak Pengendap (*Settler*), *Anaerobik Filter* (AF), dan Bak *Outlet* (DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021).

SPALD-T RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung dimulai pembangunannya oleh Dinas PUPR Kabupaten Ponorogo pada 25 Mei 2021 hingga 12 September 2021 lalu (DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021). Proyek ini mencakup 68 Sambungan Rumah (SK) pada *shop drawing*, sedangkan pada *as built drawing* hanya mencakup 49 Sambungan Rumah. Berdasarkan kondisi eksisting di lapangan, terdapat beberapa permasalahan yang timbul, seperti: terjadinya pengendapan di pipa penyaluran yang diakibatkan oleh diameter tidak sesuai debit air limbah dan kemiringan yang kurang dari 0,6%. Kemiringan aliran yang tepat dapat menjamin berlangsungnya pembersihan sendiri (*self cleaning*) dan tidak menimbulkan endapan pada saluran pipa (Damayanti dkk., 2018). Hal tersebut juga ditambah dengan permasalahan air hasil olahan (outlet) IPALD yang sesekali masih keruh dan berbau tidak sedap akibat dari pembangunan unit tanpa memperhatikan karakteristik air limbah di lapangan.

Berdasarkan hal tersebut, penulis berencana melakukan optimalisasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo. Optimalisasi tersebut direncanakan berdasarkan teori dan peraturan yang berlaku. Tujuan dari optimalisasi adalah untuk menambah ilmu dan pengalaman penulis, serta memberikan rekomendasi kepada Dinas PUPR Ponorogo dalam pembangunan SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Adanya endapan pada pipa penyaluran air limbah dari Sambungan Rumah (SR) menuju IPALD disebabkan diameter pipa tidak sesuai debit air limbah dan kemiringan pipa kurang dari 0,6% yang dipakai dalam proyek SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.
2. Air olahan (outlet) IPALD masih keruh dan mengeluarkan bau tidak sedap dikarenakan perencanaan pembangunan yang tidak berdasarkan karakteristik air limbah domestik setempat.
3. Jumlah sambungan rumah yang tidak sesuai dengan perencanaan awal 68 SR, sedangkan pada realisasinya hanya 49 SR.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka supaya tidak terjadi pembiasan dan perluasan masalah, serta penelitian ini dapat dilakukan dengan lebih fokus, penulis membatasi permasalahan penelitian ini hanya pada:

1. Optimalisasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo yang terdiri dari :
 - a. Sub-sistem Pelayanan
 - b. Sub-sistem Pengumpulan, dan
 - c. Sub-sistem Pengolahan DomestikSesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2017 tentang “Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik”. Dengan rincian evaluasi seperti: timbulan air buangan, *self cleaning velocity*, tinggi galian pipa, hingga penetapan volume dan unit IPAL kompak.
 - d. Operasional dan Pemeliharaan
 - e. Kelembagaan
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Optimalisasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo. disusun berdasarkan:

- a. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; dan
- b. Peraturan Bupati Ponorogo Nomor 86 Tahun 2020 Tentang Standar Satuan Harga Barang/Jasa Kebutuhan Pemerintah Kabupaten Ponorogo Tahun Anggaran 2021.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting air limbah domestik di SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo?
2. Bagaimana evaluasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo?
3. Bagaimana optimalisasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo?
4. Berapa RAB untuk optimalisasi teknis SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dapat ditentukan tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi eksisting air limbah domestik di SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.
2. Mengevaluasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.
3. Mengoptimalkan SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.
4. Mengalkulasi RAB untuk optimalisasi teknis SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak akademisi dan masyarakat, sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Akademisi

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan literatur kepada peneliti, dosen, mahasiswa, maupun pihak akademisi lainnya tentang optimalisasi teknis Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.

2. Manfaat bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat terkait adanya optimalisasi teknis Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo. Diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan rekomendasi kedepannya dalam pembangunannya bagi Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) dan Kelompok Pasca Proyek (KPP) setempat. Hal tersebut dapat dilakukan berupa pemberian materi tambahan dan sosialisasi kepada masyarakat.

3. Manfaat bagi Pemerintah

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi optimalisasi Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik (SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, sehingga menjadi pembaharuan pembangunan lingkungan kedepannya, khususnya di air limbah domestik kepada Dinas PUPR Kabupaten Ponorogo.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

Air limbah merupakan zat buangan yang berbentuk cair yang mengandung bahan kimia yang sulit untuk dihilangkan dan berbahaya. Air limbah tersebut harus diolah sedemikian rupa agar tidak menimbulkan pencemaran dan membahayakan kesehatan lingkungan. Definisi lain dari air limbah yaitu hasil sisa aktivitas manusia yang mengandung sekitar 99,9% air dan 0,1% padatan (Sperling, 2007). Sedangkan menurut Tchobanoglous dkk. (2003), air limbah (*waste water*) adalah campuran cairan, air, dan sampah-sampah dari pemukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri, yang mengalir bersama dengan air tanah, air permukaan, maupun air hujan.

Menurut PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang “Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup”, Limbah merupakan sisa suatu Usaha dan/atau Kegiatan, sehingga pengertian Air Limbah sendiri adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. Limbah adalah buangan dalam bentuk zat cair yang mengandung bahan berbahaya dan beracun secara sifat, konsentrasi dan kuantitasnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, mencemari, merusak lingkungan, membahayakan lingkungan hidup, dan keselamatan organisme lainnya. Hampir semua aktivitas manusia menghasilkan limbah cair, baik untuk keperluan rumah tangga maupun industri.

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ (30)

Artinya: “Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi, keduanya dahulu menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya, dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air, maka mengapa mereka tidak beriman?” (Q.S. Al-Anbiya’: 30)

Ayat ini mengingatkan kepada kita semua terhadap sebuah anugerah besar yang dapat disaksikan oleh mata setiap manusia. Anugerah ini

mengingatkan seluruh manusia yang belum beriman kepada Allah agar segera masuk ke dalam agama Islam setelah mereka kebesaran anugerah Allah satu ini.

Anugerah ini ialah air yang merupakan sumber segala kehidupan di bumi. Lafal رَتْقًا (ratqan) dalam ayat ini bermakna padat dan keras. Sedangkan lafal فَفَاتَقْنَاهُمَا (fafataqnahuma) dalam ayat ini bermakna Kami lembutkan/belah langit dan bumi. Menurut penafsiran Ibnu Abbas ayat ini menceritakan kisah, “Dahulu langit dibuat oleh Allah dengan bentuk yang padat dan keras sehingga tak ada sedikitpun air hujan yang turun darinya. Begitu juga bumi yang dijadikan tandus dan tak ada sedikitpun benih yang tumbuh. Tak ada tanda kehidupan hingga Allah lembutkan langit sehingga keluar darinya air hujan dan Allah belah muka bumi sehingga keluar darinya tumbuh-tumbuhan”.

Beberapa kandungan limbah cair yang berdampak negatif antara lain jumlah mikroorganismenya, padatan dan cairan yang mengapung seperti minyak, koloid tersuspensi maupun polutan dalam bentuk larutan. Selain tidak sedap dipandang, limbah cair juga mengganggu kelestarian lingkungan, organisme, tumbuhan, dan benda lainnya. Jika limbah cair yang memasuki suatu badan air bercampur dengan tumpahan minyak (*oil spill*), maka dapat menjadi masalah sekaligus ancaman serius karena dapat menyebabkan mencemari ekosistem perairan, berdampak pada penurunan kualitas air, dan gangguann ekosistem. Hal ini terjadi karena sifat minyak yang dapat menghalangi sinar matahari mencapai kedalam perairan sehingga mengganggu proses fotosintesis tumbuhan air atau alga seperti fitoplankton yang merupakan sumber makanan utama bagi organisme yang hidup di bawah air. Selain itu, keberadaan limbah cair dan minyak di atas perairan juga meningkatkan beban *Biological Oxygen Demand* (BOD) di dalam air yang dapat menghalangi masuknya kandungan oksigen terlarut untuk proses respirasi oleh organisme perairan.

Menurut Khaliq (2015), semua cairan yang dibuang, baik yang mengandung kotoran manusia, hewan, bekas tumbuh-tumbuhan, maupun yang mengandung sisa-sisa proses dari industri disebut dengan air buangan atau air limbah. Air buangan dapat dibagi menjadi empat golongan:

1. Air kotor: air buangan yang berasal dari kloset dan mengandung kotoran manusia.
2. Air bekas: air buangan yang berasal dari alat-alat plumbing lainnya, seperti bak mandi (*bath tub*), bak cuci tangan, bak dapur dsb.
3. Air hujan: dari atap, halaman dsb.
4. Air buangan khusus: air buangan yang memiliki kandungan gas, racun, atau bahan-bahan berbahaya lain seperti air buangan dari pabrik, air buangan dari laboratorium, tempat pengobatan, tempat pemeriksaan di rumah sakit, rumah pemotongan hewan, air buangan yang bersifat radioaktif atau mengandung bahan radioaktif yang dibuang dari Pusat Listrik Tenaga Nuklir atau laboratorium penelitian atau pengobatan yang menggunakan bahan radioaktif. Akhir-akhir ini juga diamati masalah baru terkait air buangan yang banyak mengandung lemak bersumber dari restoran, sehingga dimasukkan dalam kelompok ini karena banyak mengandung heksan.

Secara umum jenis limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu limbah cair domestik dan limbah cair non domestik.

1. Air limbah domestik

Merupakan air limbah yang bersumber dari aktivitas pemukiman penduduk (rumah tangga) ataupun kegiatan usaha komersial seperti pasar, restoran, dan gedung perkantoran. Limbah cair domestik (*domestic waste water*) sendiri merupakan air buangan dari aktivitas kehidupan masyarakat berupa *black water* (dari WC) maupun *grey water* (dari hasil mencuci, mandi dan memasak). Limbah cair domestik harus diolah supaya tidak mencemari dan tidak membahayakan kesehatan lingkungan. Limbah ini juga dikelola untuk mengurangi pencemaran, karena limbah cair domestik hampir lebih dari 99% berisi air itu sendiri dan sisanya adalah kandungan pencemar (Sperling, 2007)

2. Air limbah non domestik.

Merupakan limbah cair yang tidak berasal dari kegiatan pemukiman penduduk (domestik), yakni gabungan dari air dan bahan pencemar yang terlarut oleh air dalam keadaan tersuspensi maupun terlarut yang

terbuang dari sumber pencemarnya. Salah satu sumber pencemaran limbah cair ini adalah kontaminasi larutan lemak atau minyak yang bercampur dengan air yang bukan berasal dari kegiatan domestik.

2.2 Sumber Air Limbah

Menurut Arianto dalam Dahruji, dkk. (2016), air limbah digolongkan menurut sumbernya sebagai berikut:

1. Air limbah yang berasal dari rumah tangga (*domestic waste water*), yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk dan pada umumnya berupa tinja, air bekas cucian dan air dari kamar mandi yang mengandung bahan organik. Air limbah rumah tangga dapat diklasifikasikan menjadi dua yakni air limbah toilet (*black water*) dan air limbah non toilet (*gray water*). Air limbah toilet terdiri dari tinja, urin serta bilasan, sedangkan air limbah non toilet yakni air limbah yang berasal dari air mandi, air limbah cucian, air limbah dapur, wastafel, dan lainnya. Rata-rata tiap orang mengeluarkan kotoran tinja 1,2 liter. Secara umum jumlah air limbah rumah tangga berkisar antara 200-300 liter/orang/hari.

Tabel 2.1 Rincian Pemakaian Air Rumah Tangga/Domestik

Tipe Pemakaian Air	Persentase (%)
Mandi dan mencuci	37%
Kakus	41%
Minum, masak	2 – 6%
Cuci piring	3 – 5%
Pembuangan sampah	0 – 6%
Pemeliharaan rumah	3%
Pemeliharaan taman	3%

Sumber: (Iskandar dkk., 2016)

2. Air limbah industri (*industrial waste water*), yaitu air limbah dari berbagai jenis industri serta mengandung zat yang berbahaya bagi manusia seperti logam berat, sulfida, nitrogen, dan zat perwarna yang berdampak buruk bagi manusia. Air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Untuk mengetahui

jumlah serta beban polutan yang ada didalam air limbah industri dapat dilakukan dengan cara pengukuran langsung atau dapat juga diperkirakan berdasarkan pada jenis industri yang sejenis.

3. Air limbah kota praja (*municipal waste water*), yaitu air buangan yang berasal dari pertokoan, hotel, restoran dan tempat umum.

Allah berfirman pada Q.S. Al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: “Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.” (Q.S. Al-A'raf: 56)

Penjelasan Tafsir Kementerian Agama, dalam ayat ini Allah melarang manusia berbuat kerusakan di muka bumi. Larangan berbuat kerusakan ini mencakup semua bidang, seperti merusak pergaulan, jasmani dan rohani orang lain, kehidupan dan sumber penghidupan seperti pertanian, perdagangan, merusak lingkungan dan lain sebagainya.

Bumi ini sudah diciptakan Allah dengan segala kelengkapannya, seperti gunung, lembah, sungai, lautan, daratan, hutan dan lain-lain, yang semuanya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan manusia, agar dapat diolah dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya untuk kesejahteraan mereka. Oleh karena itu, manusia dilarang membuat kerusakan di muka bumi.

2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Menurut Sugiharto (2008), air limbah domestik terdiri dari tinja, air kencing, serta air limbah lain yang berasal dari kegiatan kamar mandi, dapur, dan cucian yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat yang ada di dalamnya terbagi atas 70% zat organik dan 30% zat anorganik yang sebagian besar terdiri atas pasir, garam-garaman, dan logam. Karakteristik air limbah domestik menurut (Tchobanoglous dkk., 2003) dapat dilihat pada **tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Kandungan Bahan Pencemar di dalam Limbah Cair Domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi		
		Maksimum	Rata-Rata	Minimum
Padatan Total (TS)	mg/l	1200	720	350
Padatan Terlarut Total (TDS)	mg/l	850	500	250
Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/l	350	220	100
BOD	mg/l	400	220	110
COD	mg/l	1000	500	250
Nitrogen	mg/l	85	40	20
Fosfor	mg/l	15	8	4
Klorida	mg/l	100	50	30
Sulfat	mg/l	50	30	20
Lemak	mg/l	150	100	50
Total Coliform	mg/l	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁹	10-10 ⁹

Sumber: (Tchobanoglous dkk., 2003)

Dalam Al-Qur'an Allah berfirman:

فَلْأَرَأَيْتُمْ إِنْ أَصْبَحَ مَاؤُكُمْ غَوْرًا فَمَنْ يَأْتِيكُمْ بِمَاءٍ مَّعِينٍ ۚ ٣٠

Artinya: "Katakanlah (Muhammad), "Terangkanlah kepadaku jika sumber air kamu menjadi kering; maka siapa yang akan memberimu air yang mengalir?" (Q.S. Al-Mulk: 30).

Jika diperhatikan dengan seksama, ayat ini menjelaskan mengenai kebutuhan utama manusia akan air. Bagaimanapun 70% dunia ini merupakan air, tetapi hanya 2,5% saja dari air itu yang dapat dikonsumsi oleh manusia, hewan, dan tumbuhan. Dalam Al-Qur'an, kata air disebutkan beberapa kali. Allah mengkategorikan air dalam beberapa kriteria: Dia membedakan air hujan sebagai air yang mensucikan, air dari mata air sebagai air yang manis, air laut sebagai air asin, dan Allah juga menyebutkan air-air yang mengalir dari bebatuan.

Limbah cair domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi sebagai berikut (Filliazati, 2013).

2.3.1 Karakteristik Fisika

Parameter fisika dalam penentuan kualitas air terdiri dari suhu, kekeruhan, warna, jumlah zat padat terlarut (TDS), jumlah zat padat tersuspensi (TSS), rasa, dan bau. Berikut merupakan parameter fisika tersebut, antara lain:

a. Suhu

Ciri air yang memiliki kualitas baik adalah temperatur yang sama dengan temperatur udara yakni berada pada kisaran 20°C hingga 30°C. Hal tersebut juga berlaku sebaliknya, air yang telah tercemar memiliki suhu diatas atau dibawah suhu udara (Hasrianti & Nurasia, 2016). Suhu dapat memengaruhi sejumlah parameter kualitas air yang lain. Peningkatan suhu berbanding lurus dengan meningkatnya laju reaksi kimia dan biokimia, sedangkan peningkatan suhu berbanding terbalik dengan kelarutan gas dan mineral yang artinya apabila suhu meningkat, maka kelarutan gas dan mineral akan menurun. Laju pertumbuhan organisme akuatik juga dapat dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu meningkat maka laju respirasi organisme akuatik akan menurun, kebanyakan organisme akuatik memiliki kisaran suhu yang berbeda untuk keperluan reproduksi dan kompetisi.

b. Kekeruhan

Kekeruhan air dapat disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi (TSS), baik yang bersifat anorganik maupun yang bersifat organik. Zat anorganik, dapat berasal dari logam dan lapukan batu, sedangkan zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman dan/atau hewan. Berbagai limbah seperti buangan yang berasal dari pertanian, industry, dan domestic dapat pula menjadi sumber dari kekeruhan. Faktor alam juga dapat menambah kekeruhan air yang terjadi, seperti longsor dan banjir (Gafur & Kartini, 2017).

c. Warna

Warna pada air dapat disebabkan oleh bahan-bahan berwarna yang tersuspensi, kehadiran organisme, dan ekstrak dari senyawa-senyawa organik serta tumbuhan. Warna air juga dapat berasal dari bahan-

bahan buangan atau limbah dari industri yang kemungkinan dapat membawa dampak buruk bagi kesehatan (Gafur & Kartini, 2017).

d. Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS)

Jumlah Zat Padat Terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS) ialah terlarutnya zat padat, baik berupa koloid, ion, maupun senyawa di dalam air. TDS juga dapat disebabkan oleh adanya bahan anorganik berupa ion-ion yang dapat ditemukan pada perairan (Effendi, 2003).

e. Jumlah Zat Padat Tersuspensi (TSS)

Jumlah Zat Padat Tersuspensi atau *Total Suspended Solids* (TSS) merupakan zat padat yang melayang pada perairan yang bergerak tanpa menyentuh dasar dari perairan tersebut. TSS dapat disebabkan oleh faktor aliran sungai, angin, dan faktor lainnya. TSS yang masuk ke dalam air biasanya berasal dari daratan (Yonar dkk., 2021).

f. Rasa dan Bau

Rasa dan bau pada air dapat disebabkan oleh udara yang dihasilkan dari proses penambahan substansi atau dekomposisi materi pada air limbah. Penyebab yang memengaruhi bau dan rasa pada air dapat berupa mikroorganisme seperti algae, terdapat gas seperti H₂S dan lain sebagainya. Rasa dan bau pada air juga dapat mengganggu apabila dilihat dari segi estetika.

2.3.2 Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia air terdiri dari beberapa parameter, antara lain:

1. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Kebutuhan oksigen biologis atau *Biological Oxygen Demand* (BOD) yaitu besaran oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme yang berada di dalam air. Oksigen tersebut digunakan untuk memecah, mendegradasi, atau mengoksidasi limbah organik yang terdapat di dalam air.

2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Kebutuhan oksigen kimia atau *Chemical Oxygen Demand* (COD) yaitu besaran kebutuhan oksigen dalam air yang digunakan dalam

proses reaksi secara kimia. Reaksi kimia tersebut bertujuan untuk menguraikan unsur pencemar yang ada.

3. Protein

Protein adalah bagian yang terpenting makhluk hidup, misalnya seperti hewan bersel satu dan tanaman. Protein juga dapat menyebabkan bau pada limbah cair, hal ini disebabkan adanya pproses penguraian dan pembusukan oleh bakteri.

4. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan molekul biologi atau benang-benang kayu yang terdiri dari atom karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Karbohidrat juga memiliki jenis lain, seperti gula dan pati. Gula cenderung dapat terdekomposisi oleh enzim dari bakteri tertentu di dalam air limbah.

5. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak adalah salah satu bahan pencemar yang banyak ditemukan pada perairan. Minyak dan lemak dapat berasal dari berbagai sumber, seperti: agroindustri dan kegiatan rumah tangga.

6. Deterjen

Deterjen merupakan bahan organik yang sering dijumpai dan sangat banyak digunakan dalam berbagai keperluan, seperti keperluan rumah sakit, rumah tangga, dan hotel. Fungsi utama dari deterjen merupakan sebagai bahan pembersih dalam aktivitas mencuci dengan cara memisahkan lemak, tanah, dan lainnya.

7. Derajat Keasaman (pH)

Air dapat dikatakan baik atau layak untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari apabila memiliki derajat keasaman atau pH yang berada di angka 6,5 sampai 7,5. Apabila dalam pengukuran, pH air lebih kecil dari 7, maka air tersebut memiliki sifat asam, sedangkan air yang memiliki pH di atas 7, maka air tersebut memiliki sifat basa. Air yang digunakan sebagai air minum memiliki ketentuan atau batas pH tertentu, hal ini disebabkan pH dapat memengaruhi efisiensi khlorinasi, rasa, dan korosifitas.

8. Kesadahan Ca dan Mg

Kesadahan pada air akan berpengaruh pada hal, seperti pada sistem plambing, pemakaian sabun, pipa air panas, katel pemanas air, ketel uap, dan lainnya. Air yang berasal dari tanah atau air tanah biasanya memiliki kesadahan yang tinggi. Kesadahan air akan memungkinkan akan berdampak pada kesehatan, hal ini disebabkan magnesium (Mg) dapat iritasi pada kulit akan susah sembuh, bersifat toksik, memberikan efek demam metal, dan lainnya.

9. Besi dan Mangan

Adanya kandungan Besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air dapat menyebabkan berbagai hal, seperti dapat merangsang pertumbuhan bakteri. Adanya bau dan rasa logam, dan dapat memberikan efek toksik pada tubuh, seperti iritasi usus, kerusakan hati, kerusakan syaraf pusat, dan sebagainya.

10. Nitrogen

Nitrogen dalam air memiliki berbagai bentuk yang sesuai dengan tingkat oksidasinya, misalnya seperti nitrogen netral, nitrat, nitrit, dan amoniak. Nitrogen memiliki efek negatif terhadap kesehatan, seperti kerusakan saluran pencernaan, iritasi kulit, kejang, gangguan pernapasan, stimulasi susunan syaraf pusat, mengancam keseimbangan asam basa dalam darah, dan lain sebagainya. Nitrogen dalam jumlah besar juga dapat menyebabkan eutrofikasi pada lingkungan.

11. Bahan Anorganik Lain

Bahan anorganik lain yang terdapat di dalam air dapat berupa: Zn, Ag, AL, As, Se, H₂S, Ba, Br, Pb, Cd, Cl, Cu, Cr, F, PO₄, Hg, dan sebagainya.

2.3.3 Karakteristik Biologi

Parameter biologi dalam penentuan kualitas air digunakan untuk menentukan kegunaan dari air nantinya, apakah air tersebut dapat dikonsumsi atau dijadikan air bersih. Parameter biologi yang biasanya

digunakan yakni berdasarkan banyaknya mikroorganisme yang terkandung di dalam air. Jenis mikroorganisme yang dapat ditemukan dalam air diantaranya bakteri, jamur, virus, protozoa, dan lainnya. Parameter biologis dapat bersifat patogen dan akan memengaruhi warna, bau, dan rasa pada air. Dalam parameter biologi air, hal yang biasanya menjadi perhatian adalah bakteri coliform dan e-coli.

1. Total Bakteri Coliform

Kualitas air, terutama air minum sangat erat kaitannya dengan jumlah bakteri coliform yang terkandung di dalam air tersebut. Jumlah bakteri coliform berbanding terbalik dengan kualitas air, semakin banyak jumlah bakteri coliform di dalam air minum, maka semakin rendah pula kualitas air minum tersebut dan begitu pula sebaliknya.

Bakteri coliform dapat merupakan indikator terjadinya pencemaran di air limbah. Coliform memiliki sumber pencemar dari feses atau kotoran manusia dan hewan pada suatu perairan. Maka dari itu keberadaan bakteri ini di dalam air tidak diinginkan adanya, baik dalam segi kebersihan, kesehatan karena kemungkinan dapat menyebabkan infeksi, maupun estetika. Bakteri coliform juga dapat menularkan berbagai jenis penyakit melalui air, seperti disentri, kolera, dan tipus (Faisal & Atmaja, 2019).

2. E-Coli

E-Coli yang terdapat pada air limbah umumnya diakibatkan karena adanya kontaminasi sumber-sumber air, seperti: air tanah dan permukaan oleh bakteri tersebut. Jenis dan jumlah bakteri dapat berbeda-beda sesuai dengan kondisi dan tempat.

2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Pemerintah Republik Indonesia mengatur baku mutu limbah cair yang dapat dibuang ke badan air. Hal tersebut sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlh/Setjen/Kum.1/8 Tahun 2016 tentang Standar Baku Mutu Limbah cair Domestik menyebutkan bahwa, “Baku mutu air limbah adalah

ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam limbah cair yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha atau kegiatan yang dilakukan”. Berikut baku mutu air limbah yang tertuang dalam (Permen LHK, 2016) tentang baku mutu air limbah domestik **tabel 2.3**.

Tabel 2.3 *Baku Mutu Limbah Cair Domestik*

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100mL	3.000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016)

Pembuatan peraturan mengenai baku mutu air limbah domestik bertujuan untuk meminimalisir adanya pencemaran di badan air permukaan. Kondisi badan air permukaan yang baik dan dijaga dapat menandakan bahwa air merupakan bahan baku penting di kehidupan. Hal tersebut sejalan dengan salah satu dalil, yaitu Allah berfirman pada Q.S. Al-Anbiya' ayat 30,

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

Artinya: “Dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman? (QS. Al-Anbiya’: 30).

Berdasarkan dalil tersebut dapat menjelaskan bahwa semua yang terdapat dimuka bumi ini tak lepas dari adanya air. Air merupakan unsur baku kehidupan. Ayat tersebut didukung oleh Q.S. Al-Hajj ayat 5 tentang air diturunkan melalui air hujan sehingga dapat menghidupkan berbagai jenis

mahluk hidup, serta pada Q.S. An-Nur ayat 5 tentang air dapat menciptakan segala jenis hewan.

Allah Subhanahu Wa Ta'ala berfirman:

وَتَرَى الْأَرْضَ هَا مِدَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنْبَتَتْ مِنْ
كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ

Artinya: "... Dan kamu lihat bumi ini kering, kemudian apabila telah Kami turunkan air (hujan) di atasnya, hiduplah bumi itu dan menjadi subur dan menumbuhkan berbagai jenis pasangan tetumbuhan yang indah." (QS. Al-Hajj 22: Ayat 5)

Allah Subhanahu Wa Ta'ala berfirman:

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِنْ مَّاءٍ

Artinya: "Dan Allah menciptakan semua jenis hewan dari air, ..." (QS. An-Nur 24: Ayat 45)

2.5 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T)

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2017 tentang "Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik", SPALD-T terbagi dari 3 sub bagian, yaitu:

1. Sub-sistem Pelayanan
2. Sub-sistem Pengumpulan, dan
3. Sub-sistem Pengolahan Domestik

Sub-sistem pelayanan dan pengumpulan merupakan sistem penyaluran perpipaan air limbah dari awal sambungan rumah hingga menuju IPALD (pengolahan Domestik). Sistem penyaluran air limbah merupakan rangkaian bangunan perpipaan air yang berguna dalam menyalurkan air limbah rumah

tangga maupun industri (Wulandari, 2014). Menurut Mubin, dkk., (2016), sistem pengolahan air limbah terbagi menjadi dua sistem yaitu:

1. Sistem setempat (*on site*)

Sistem setempat merupakan sistem pembuangan air limbah rumah tangga dengan memanfaatkan septic tank sebagai tempat sementara. Selanjutnya, air limbah yang terkumpul akan dipindahkan menggunakan truk tinja menuju IPLT kabupaten/kota untuk dikelola.

2. Sistem Domestik (*off site*)

Sistem Domestik merupakan sistem pembuangan air limbah rumah tangga menggunakan saluran perpipaan menuju unit pengolahan. Perpipaan tersebut dirangkai berdasarkan target sambungan rumah hingga menuju IPALD. Pada setiap rangkaian yang berbentuk belokan maupun persimpangan, umumnya terdapat manhole diantaranya.

Sistem penyaluran air buangan terbagi menjadi tiga sistem yaitu:

1. Sistem Saluran Terpisah

Sistem Penyaluran terpisah atau biasa disebut *separate system/full sewerage* merupakan sistem dimana air limbah disalurkan tersendiri dalam jaringan riol tertutup. Akan tetapi, limpasan air hujan disalurkan melalui saluran drainase khusus sebagai kategori air yang tidak tercemar.

2. Sistem Penyaluran Tercampur

Sistem penyaluran tercampur adalah sistem pengumpulan air limbah yang tercampur beserta air limpasan hujan. Sistem tersebut umumnya digunakan apabila daerah pelayanan merupakan daerah padat dan sangat terbatas untuk membangun saluran air buangan yang terpisah dengan saluran air hujan.

3. Sistem Kombinasi

Pada sistem penyalurannya kombinasi (*interceptor*) merupakan sistem dimana air buangan dan air hujan disalurkan bersama-sama sampai tempat tertentu. Hal tersebut dilakukan dengan melalui saluran terbuka ataupun tertutup, akan tetapi sebelum mencapai lokasi instalasi terjadi pemisahan kembali menggunakan bangunan regulator.

Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2017 menjelaskan bahwa, pada sub-sistem pengolahan Domestik merupakan prasarana dan sarana untuk mengolah air limbah domestik yang dialirkan dari sumber melalui Subsistem Pelayanan dan Sub-sistem Pengumpulan. Prasarana dan sarana sebagaimana dimaksud berupa IPALD meliputi:

- a. IPALD kota untuk cakupan pelayanan skala perkotaan; dan/atau
- b. IPALD permukiman untuk cakupan pelayanan skala permukiman atau skala kawasan tertentu.

IPALD terdiri atas prasarana utama dan pendukung. Prasarana utama antara lain:

- a. Bangunan pengolahan air limbah;
- b. Bangunan pengolahan lumpur;
- c. Peralatan mekanikal dan elektrikal; dan/atau
- d. Unit pemrosesan lumpur kering.

Sedangkan prasarana dan sarana pendukung, antara lain:

- a. Gedung kantor;
- b. Laboratorium;
- c. Gudang dan bengkel kerja;
- d. Infrastruktur jalan berupa jalan masuk, jalan operasional, dan jalan inspeksi;
- e. Sumur pantau;
- f. Fasilitas air bersih;
- g. Alat pemeliharaan
- h. Peralatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3);
- i. Pos jaga;
- j. Pagar pembatas;
- k. Pipa pembuangan;
- l. Tanaman penyangga; dan/atau
- m. Sumber energi listrik.

Allah Subhanahu Wa Ta'ala berfirman:

فَلْيَسِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِن قَبْلُ ۗ كَان أَكْثَرُهُمْ مُشْرِكِينَ

Artinya: "Katakanlah (Muhammad), "Bepergianlah di bumi lalu lihatlah bagaimana kesudahan orang-orang dahulu. Kebanyakan dari mereka adalah orang-orang yang menyekutukan (Allah)." (QS. Ar-Rum 30: Ayat 42)

Allah Subhanahu Wa Ta'ala berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)." (QS. Ar-Rum 30: Ayat 41).

2.5.1 Perhitungan Timbulan Air Limbah

Perhitungan timbulan air limbah didapatkan berdasarkan kriteria perencanaan, dan konsep gambar perencanaan. Terdapat beberapa teori tentang timbulan air buangan adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan Air (L/orang/hari)

Kebutuhan air didapatkan pada ketentuan Dinas PU tahun 1996, sebagaimana pada **tabel 2.4**. Kebutuhan air merupakan jumlah pemakaian manusia terhitung selama 1 hari. Kebutuhan air tersebut juga berubah seiring dengan aktivitas dan manusia itu sendiri. Pada umumnya kota/kabupaten yang besar, maka kebutuhan air juga semakin bertambah.

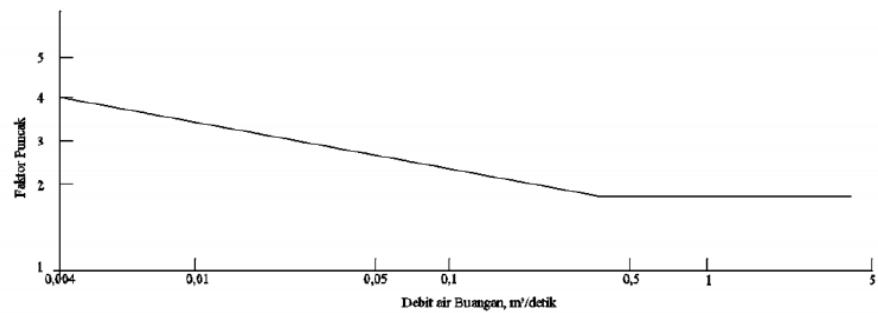
Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Kebutuhan Air

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SK) (liter/orang/hari)	>150	120 – 150	90 – 120	80 – 120	60 – 80
Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/orang/hari)	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40
Konsumsi unit non domestic					
a. Niaga Kecil (liter/unit/hari)	600 – 900	600 – 900		600	
b. Niaga Besar (liter/unit/hari)	1000 – 5000	1000 – 5000		1500	
c. Industri Besar (liter/detik/ha)	0,2 – 0,8	0,2 – 0,8		0,2 – 0,8	
d. Pariwisata (liter/detik/ha)	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3		0,1 – 0,3	
Kehilangan Air (%)	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30
Faktor Hari Maksimum	1,15 – 1,25 *harian	1,15 – 1,25 *harian	1,15 – 1,25 *harian	1,15 – 1,25 *harian	1,15 – 1,25 *harian
Faktor Jam Puncak	1,75 – 2,0 *hari maks	1,75 – 2,0 *hari maks	1,75 – 2,0 *hari maks	1,75 *hari maks	1,75 *hari maks
Jumlah jiwa PerSR (Jiwa)	5	5	5	5	5
Jumlah Jiwa PerHU (Jiwa)	100	100	100	100 – 200	200
Sisa Tekan Dipenyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
Jam Operasi (Jam)	24	24	24	24	24
Volume Reservoir (% Max Day Demand)	15 – 25	15 – 25	15 – 25	15 – 25	15 – 25
SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	90

Sumber: (Ditjen Cipta Karya PU, 1996)

2. Faktor peak

Perhitungan faktor peak didapatkan berdasarkan grafik sebagai berikut:

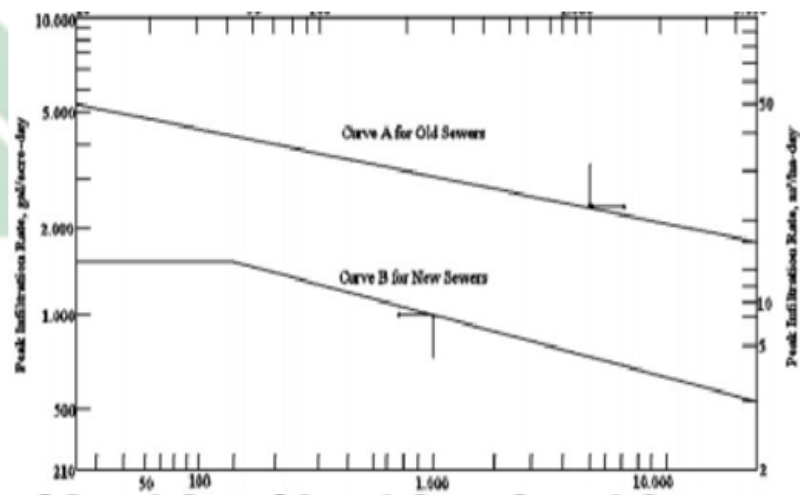


Gambar 2.1 Grafik *F peak*

(Sumber: Utama, 2020)

3. Peak Infiltrasi ($m^3/Ha-hari$)

Dalam menentukan debit puncak air limbah, debit puncak ini berdasarkan pada debit air buangan rata-ratanya dikalikan dengan nilai faktor puncak. Nilai faktor puncak dapat ditentukan dari gambar 2.2..



Gambar 2.2 Grafik Nilai Debit Puncak Air Limbah

Sumber : (Iskandar dkk, 2016)

2.5.2 Perhitungan *Self Cleaning Velocity*

Adapun perhitungan *Self Cleaning Velocity* didapatkan berdasarkan hasil rekap perhitungan timbulan air buangan, kriteria perencanaan, dan konsep gambar perencanaan. Terdapat beberapa teori tentang *Self Cleaning Velocity* adalah sebagai berikut:

1. V_p/V_f

V_p/V_f didapatkan berdasarkan referensi pada **tabel 2.5**.

Tabel 2.5. *Ketentuan V_p/V_f*

Prop. Depth (d/D)	Prop. Velocity (V _{peak} /V _{full})	Prop. Discharge (Q _{peak} /Q _{full})	Prop. Depth (d/D)	Prop. Velocity (V _{peak} /V _{full})	Prop. Discharge (Q _{peak} /Q _{full})
0,01	0,0890	0,0002	0,51	1,0085	0,5170
0,02	0,1408	0,0007	0,52	1,0165	0,5340
0,03	0,1839	0,0016	0,53	1,0243	0,5513
0,04	0,2221	0,0030	0,54	1,0319	0,5685
0,05	0,2690	0,0048	0,55	1,0393	0,5857
0,06	0,2892	0,0071	0,56	1,0464	0,6030
0,07	0,3194	0,0098	0,57	1,0533	0,6202
0,08	0,3481	0,0130	0,58	1,0599	0,6374
0,09	0,3752	0,0167	0,59	1,0663	0,6546
0,10	0,4012	0,0209	0,60	1,0724	0,6718
0,11	0,4260	0,0255	0,61	1,0783	0,6889
0,12	0,4500	0,0306	0,62	1,0839	0,7060
0,13	0,4730	0,0361	0,63	1,0893	0,7229
0,14	0,4953	0,0421	0,64	1,0944	0,7397
0,15	0,5168	0,0486	0,65	1,0993	0,7564
0,16	0,5376	0,0555	0,66	1,1039	0,7730
0,17	0,5578	0,0629	0,67	1,1083	0,7893
0,18	0,5775	0,0707	0,68	1,1124	0,8055
0,19	0,5965	0,0789	0,69	1,1162	0,8215
0,20	0,6151	0,0876	0,70	1,1198	0,8372
0,21	0,6331	0,0966	0,71	1,1231	0,8527
0,22	0,6507	0,1062	0,72	1,1261	0,8680
0,23	0,6678	0,1160	0,73	1,1288	0,8829
0,24	0,6844	0,1263	0,74	1,1313	0,8976
0,25	0,7007	0,1370	0,75	1,1335	0,9119
0,26	0,7165	0,1480	0,76	1,1353	0,9258
0,27	0,7320	0,1594	0,77	1,1369	0,9394
0,28	0,7470	0,1712	0,78	1,1382	0,9524
0,29	0,7618	0,1834	0,79	1,1392	0,9652
0,30	0,7761	0,1958	0,80	1,1397	0,9775
0,31	0,7901	0,2086	0,81	1,1400	0,9892
0,32	0,8038	0,2217	0,82	1,1399	1,0004
0,33	0,8172	0,2352	0,83	1,1395	1,0110
0,34	0,8302	0,2489	0,84	1,1387	1,0211
0,35	0,8430	0,2629	0,85	1,1374	1,0304
0,36	0,8554	0,2772	0,86	1,1358	1,0391
0,37	0,8675	0,2918	0,87	1,1337	1,0471
0,38	0,8794	0,3066	0,88	1,1311	1,0542
0,39	0,8909	0,3217	0,89	1,1280	1,0605
0,40	0,9022	0,3370	0,90	1,1243	1,0658

0,41	0,9132	0,3525	0,91	1,1200	1,0701
0,42	0,9239	0,3682	0,92	1,1150	1,0732
0,43	0,9343	0,3841	0,93	1,1093	1,0752
0,44	0,9445	0,4003	0,94	1,1027	1,0757
0,45	0,9544	0,4163	0,95	1,0950	1,0745
0,46	0,9640	0,4330	0,96	1,0859	1,0714
0,47	0,9734	0,4495	0,97	1,0751	1,0657
0,48	0,9825	0,4662	0,98	1,0618	1,0567
0,49	0,9914	0,4831	0,99	1,0437	1,0419
0,50	1,0000	0,5000	1,00	1,0000	1,0000

(Sumber: Utama, 2020)

2.5.3 Perhitungan Tinggi Galian Pipa

Perhitungan Tinggi Galian didapatkan berdasarkan hasil rekap perhitungan timbulan air limbah, *Self Cleaning Velocity*, kriteria perencanaan, dan konsep gambar perencanaan. Terdapat beberapa teori tentang Tinggi Galian adalah sebagai berikut :

1. Slope

Slope yang direncanakan memiliki 2 jenis yaitu :

0,006 = Jika slope tanah kurang dari 0,006

+0,006 = Jika slope tanah lebih dari 0,006, sehingga menggunakan ketetapan slope tanah

Kemiringan saluran air limbah yang datar membentuk pengendapan padatan-padatan dan menghasilkan gas hidrogen sulfida dan gas metan. Gas hidrogen sulfida yang berbau menyebabkan korosi yang berbahaya pada pipa. Sedangkan gas metan menyebabkan terjadinya ledakan. Slope minimum saluran air buangan untuk berbagai jenis pipa dapat ditampilkan pada **tabel 2.6.** berikut :

Tabel 2.6. Slope Minimum Pipa yang Disyaratkan Untuk Saluran Air Limbah

Diameter		Slope
Inchi	mm	(m/m)
6	150	0,0060
8	200	0,0040
10	250	0,0028

Diameter		Slope
Inchi	mm	(m/m)
12	310	0,002
14	360	0,0017
15	380	0,0015
16	410	0,0014
18	460	0,0012
21	530	0,0010
24	610	0,0008
27	690	0,00067
30	760	0,00058
36	910	0,00046
42	1050	0,00038
48	1200	0,00032
54	1370	0,00026

Sumber: (Iskandar dkk, 2016)

2.5.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik

Menurut Chandra, 2007 dalam (Assidiqy, 2017), berdasarkan proses yang berlangsung, pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu pengolahan secara kimia, fisika, dan biologis. Berikut ini penjelasan ketiga macam pengolahan berdasarkan Kriteria Teknik Praarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah, PPLP Pekerjaan Umum 2006:

1. Pengolahan Fisik

Pengolahan fisik merupakan pemisahan zat yang tidak diperlukan dalam air reaksi kimia dan reaksi biokimia, akan tetapi hanya menggunakan proses secara fisik sebagai variable pertimbangan untuk rekayasa pemisahan dari air dengan polutan atau zat-zat pencemar yang ada di dalam air limbah tersebut. Beberapa cara pemisahan yang dapat dilakukan diantaranya adalah:

- 1) Pemisahan sampah dari aliran dengan saringan (screen)
- 2) Pemisahan pasir (*grit*) dengan pengendapan melalui *grit chamber*, *grit chamber* mengatur kecepatan aliran sedemikian rupa sehingga yang diendapkan hanya pasir yang relative mempunyai spesifik graffiti yang lebih berat dari partikel lain.
- 3) Pemisahan partikel diskrit (sendiri tidak mengelompok) dari suspense melalui pengendapan bebas (*unhindered settling*)

- 4) Pengelompokkan oleh gaya tarik menarik (*van der waals forces*) menjadi menggumpalan lebih besar dan menjadi lebih berat serta mudah mengendap merupakan definisi Pemisahan pengendapan material *flocculant* (hasil proses flokulasi atau proses sintesa oleh bakteri).
- 5) *hindered sedimentation* merupakan pemisahan partikel melalui metode *sludge blanked*
- 6) Sistem *lamella separator* merupakan pemisahan dengan metode konsolidasi pengendapan dengan diendapkan pada lapisan-lapisan cairan yang dangkal sehingga mempercepat (*compress*) pengendapan, dengan ini penerapannya seperti *tube settler* dan *plat settler*.

2. Pengolahan Kimia

Pengolahan secara kimia adalah pengolahan air limbah dengan memanfaatkan reaksi kimia. Reaksi tersebut mengubah air limbah berbahaya menjadi tidak berbahaya. Adapun beberapa pengolahan kimiawi, seperti: netralisasi, oksidasi, koagulasi-flokulasi, klorinasi, dan pertukaran ion.

1. Koagulasi Kimia

Zat yang digunakan dalam menggumpalkan koagulan yaitu aluminium sulfat dan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Cooperas (FeSO_4), Feri sulfat (SO_4), Feri klorida (FeCl), Kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau soda (N_2CO_3). Beberapa zat tersebut sering dimanfaatkan untuk membuat air limbah agar menjadi basa, sehingga memudahkan proses penggumpalan.

2. Flokulasi

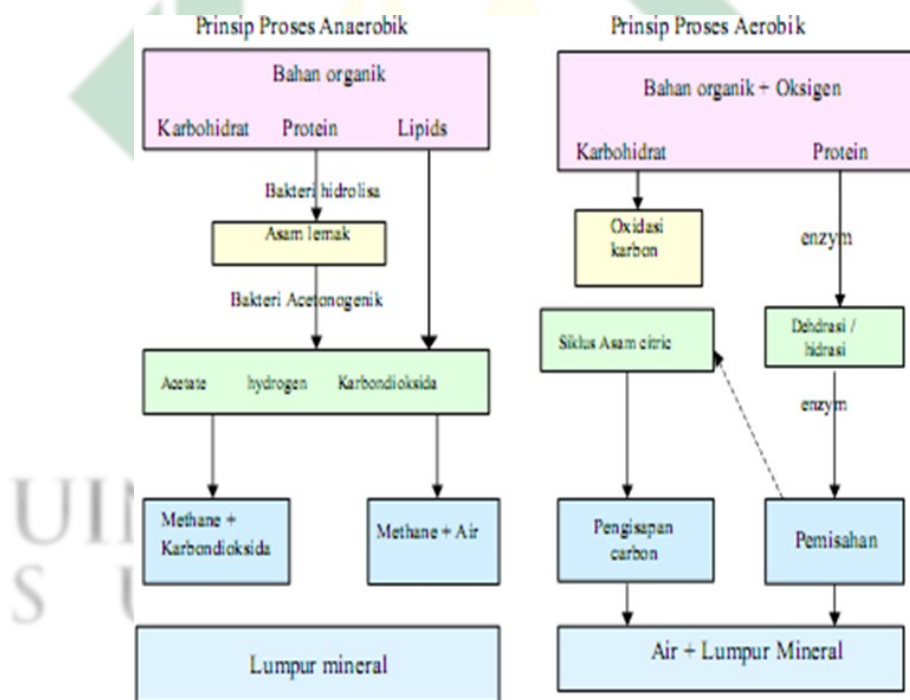
Flokulasi merupakan proses pengolahan air secara kimia yang ditujukan untuk menaikkan PH dengan reaksi sebagai berikut:



Hasil dari reaksi ini yaitu ferihidroksida yang berbentuk flok.

3. Pengolahan Biologi

Pengolahan secara biologis terdiri dari dua prinsip utama yaitu pengolahan secara anaerobik dan aerobik. Pengolahan anaerobic adalah pengolahan yang tidak melibatkan oksigen. Sedangkan pengolahan aerobik merupakan pengolahan dengan melibatkan oksigen. Kedua sistem ini memiliki perbedaan penggunaan unit saat penerapannya. Pengolahan biologi terdiri dari pengolahan dengan pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi (*oxidation ditch*, *extended aeration*, proses lumpur aktif, kontak stabilisasi, dan lain sebagainya) dan pengolahan dengan pertumbuhan mikroorganisme terlekat (*trickling filter/biofilter*, *rotating biological contactor / RBC*) (Ditjen Cipta Karya PUPR, 2013).



Gambar 2.3. Prinsip Pengolahan Biologis Secara Aerob dan Anaerob
(Sumber: Kementerian PU Ditjen Cipta Karya, 2013)

a. Pengolahan Anaerobik

Pengolahan secara anaerobik menggunakan bakteri yang hidup dalam kondisi anaerob yaitu bakteri hidrolisa, bakteri acetonogenik

dan metanogenik. Semua proses penguraian bahan organik oleh bakteri menjadi bahan sederhana dilakukan tanpa oksigen. Contoh pengolahan secara anaerobic, seperti: aerobik filter, kolam anaerobic, tangki septik, tangki imhoff, dan UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*).

b. Pengolahan Aerobik

Pengolahan secara aerobik terjadi melalui dua proses utama yaitu penguraian bahan organik (proses oksidasi) dan proses fermentasi lewat enzim yang dikeluarkan oleh bakteri. Contoh unit pengolahan aerobik yang bisa digunakan adalah: *activated sludge*, *biological contact media*, *aerated lagoon*, dan stabilisasi dengan fotosintesa. Pada umumnya penggunaan unit pengolahan aerobik bertujuan untuk pengolahan lanjutan (*secondary treatment*).

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan riset yang dilakukan orang lain mengenai topik tertentu. Penelitian terdahulu ini bertujuan memberikan gambaran secara umum dari adanya perkembangan ilmu penelitian dan perencanaan. Selain itu, adanya riset mengenai penelitian terdahulu bertujuan untuk membandingkan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dibahas ini, yaitu tentang SPALD-T. Adapun penelitian terdapat pada **tabel 2.7..**

Tabel 2.7. Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
1.	Alfaroby & Wardhani (2021)	Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Aliran Sungai Cibabat, Kota Cimahi.	Hasil penelitian didapatkan daya tampung dan mutu sungai dan timbulnya vektor penyakit bawaan, terjadi pencemaran yang tinggi pada air Sungai Cibaat. Oleh karena itu dibuatlah perencanaan pengelolaan air limbah domestik yang mengacu pada Permen PUPR No. 4 tahun 2017 yang berupa penerapan SPALD-Domestik dan SPALD-Setempat

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
			agar tidak hilang fungsi ekosistem sungai tersebut.
2.	Farizal & Diyanti (2021)	Perencanaan Sanitasi Pengolahan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) di Kelurahan Talang Benih	Hasil penelitian didapatkan perencanaan pengolahan limbah domestik dengan sistem Domestik (<i>off site system</i>) untuk 25–50 KK pada Kelurahan Talang Benih RT.03 RW.02 dengan teknologi <i>Anaerobic Upflow Filter</i> , yang terdiri dari <i>settler</i> /bak pengendap, bak media filter yang terdiri atas 5 kompartemen dan bak <i>outlet</i> .
3.	Yuanita dkk. (2021)	Pengelolaan Sanitasi Pada Pemerintah Lokal: Studi Kasus Peningkatan Kelembagaan Prasarana Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Kabupaten Ponorogo	Hasil penelitian didapatkan pembentukan UPTD PALD Kabupaten Ponorogo memenuhi semua kriteria sesuai SE Kemendagri No 061/4338/OTDA tentang Pedoman Konsultasi Pembentukan Cabang Dinas dan UPTD. Analisis resiko pengelolaan didapatkan nilai 0,084% yang berarti pembentukan UPTD dapat direalisasikan.
4.	Purnianingtyas & Juliprijanto (2021)	Pengaruh Jumlah Sistem Pengolahan Air Limbah Daerah (SPALD) dan Jumlah Penduduk Terhadap Kawasan Pemukiman Kumuh di Kota Magelang	Hasil penelitian didapatkan jumlah SPALD tidak selalu menjadi faktor terciptanya permukiman kumuh. Akan tetapi jumlah SPLAD menciptakan adanya permukiman kumuh karena jika saluran pengolahan limbah yang minim. Saluran tersebut menimbulkan hambatan air limbah di sekitar permukiman sehingga lingkungan menjadi kumuh, kotor dan tidak sehat.
5.	Kusumawardhani dkk. (2018)	Penentuan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bekasi Timur, Kota Bekasi	Hasil penelitian didapatkan SPALD-S komunal merupakan sistem pengelolaan air limbah domestik yang sesuai jika diterapkan di Kecamatan Bekasi Timur. Hal ini disebabkan kepadatan penduduk, permeabilitas tanah dan kemampuan pendanaan. Akan tetapi terdapat dua parameter yang tidak terpenuhi dengan

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
			baik, yakni kemiringan tanah dan kedalaman muka air tanah.
6.	Wiguna dkk. (2019)	Penapisan Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Kecamatan Beji, Kota Depok	Hasil penelitian didapatkan pertimbangan untuk memenuhi persyaratan SPALD-T Kecamatan Beji yaitu peningkatan kualitas mengenai pemutakhiran EHRA. Hal tersebut mengkaji dari sisi lama pembuatan dan pengosongan tangki septik. Pengosongan tersebut membuat pertimbangan Kecamatan Beji tidak memenuhi yaitu kedalam muka air tanah >2m.
7.	Firdaus (2020)	Perencanaan Pengembangan Jaringan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) Jalur Selatan Kota Surakarta	Hasil penelitian didapatkan total sambungan rumah (SR) baru adalah sebanyak 175 SR dan itu menjadi 5 kelurahan. Adapun dimensi pipa yang digunakan adalah sebesar 100 mm untuk pipa SR dan 150 mm untuk pipa lateral. Sambungan pipa memiliki kecepatan swa bersih perhitungan <0,6 m/dt dan kedalaman galian <3meter. Total RAB dalam perencanaan ini adalah sebesar ± Rp 2.387.100.000,00.
8.	Astutik (2020)	Analisis Risiko Kegagalan Pada Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik Di Kabupaten Buleleng (Dengan Metode Failure Mode Effect Analysis)	Hasil penelitian didapatkan risiko kegagalan dengan menggunakan Fishbone Analysis dan FMEA didapatkan 19 risiko. Hasil risiko prioritas kegagalan tertinggi sebagai keberlanjutan SPALD-T yaitu: (i) pemeliharaan bangunan IPAL, (ii) kapasitas SDM, (iii) pembayaran iuran dan subsidi pembiayaan pemda.
9.	Anggraini (2021)	Pemilihan Jenis Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Berdasarkan Kualitas Air di DAS Cibaligo Kota Cimahi	Hasil penelitian didapatkan penapisan yang mengacu pada Permen PUPR No. 4/2017 tentang penyelenggaraan SPALD di DAS Cibaligo. Setelah dilakukan penuruanan potensi beban dan pengendalian pencemar pada tahun 2025, 2030, 2040 adalah sebesar 19%, 27%, dan 75%. Serta terjadi

No.	Nama dan Tahun	Judul	Hasil
			penurunan 100% pada tahun 2040.
10.	Fajar Waskito (2019)	Tinjauan Proses Aerasi Terhadap Mutu Effluent Pada SPALD-T Sistem Decentralised Wastewater Treatment System (DEWATS)	Hasil penelitian didapatkan parameter yang turun secara efektif di SPALD-T adalah parameter BOD. Perlakuan aerasi menggunakan blower menurunkan BOD dari 93,17 mg/L menjadi hanya 46,46 mg/L. Sedangkan aerasi dengan MBG dapat menurunkan BOD dari rerata 49,5 mg/L menjadi hanya 39,8 mg/L.
11.	Shirly Tentile Magwaza, Lembe Samukelo Magwaza, Alfred Oduor Odindo, dan Asanda Mdits (2020)	Hydroponic Technology as Decentralised System For Domestic Wastewater Treatment And Vegetable Production In Urban Agriculture: A Review	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sangat sedikit rumah tangga di masyarakat yang mempraktikkan pengelolaan air limbah domestik, baik dengan sistem on site maupun off site. Tentunya, solusi harus segera ditawarkan kepada memberikan rekomendasi model pengelolaan air limbah domestik. Studi itu dilakukan di RT 09, Bidara Cina, Jakarta. Setelah melakukan survey di lokasi dan masyarakat sekitar, model pengelolaan air limbah domestik yang sesuai untuk masyarakat direkomendasikan, yaitu pada model hybrid (pada sistem <i>waste-off waste</i>).
12.	Shabrina Arika Zahra (2018)	Analysis On The Management Of Waste Domestic System in Populous Neighborhoods	Hasil penelitian didapatkan integrasi sistem hidroponik dengan pengolahan air limbah kota memiliki keuntungan mengurangi biaya dalam hal penghilangan polutan sekaligus mengurangi biaya pemeliharaan dan energi yang dibutuhkan untuk pengolahan air limbah konvensional. Efisiensi sistem hidroponik sehubungan dengan penggunaan kembali air limbah kota terutama terkait dengan kapasitasnya memungkinkan penggunaan air limbah secara terus-menerus melalui produksi tanaman pertanian

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

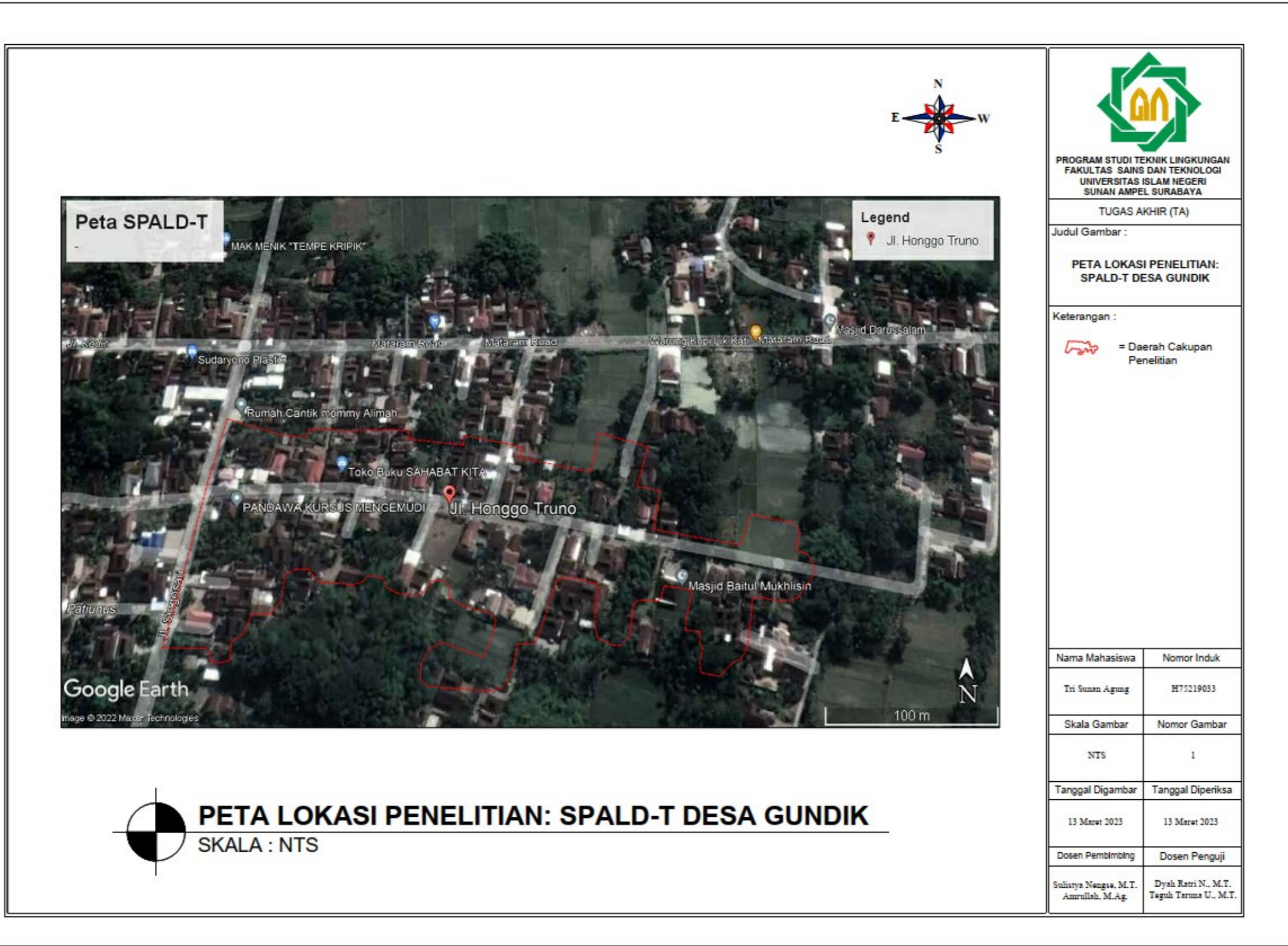
Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang menitikberatkan kepada *positivistic* (data konkrit) (Sugiyono, 2008). Data tersebut dapat berupa angka-angka yang dihimpun dari awal pengumpulan data hingga analisis perhitungan perencanaan SPALD-T RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, sehingga pada akhir penelitian didapatkan suatu kesimpulan.

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini direncanakan dilakukan selama 96 hari yang diharapkan dapat mulai pada tanggal 25 November 2022 hingga 28 Februari 2023 atau menyesuaikan dengan persetujuan pihak Universitas dengan Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo.

3.3 Lokasi Penelitian

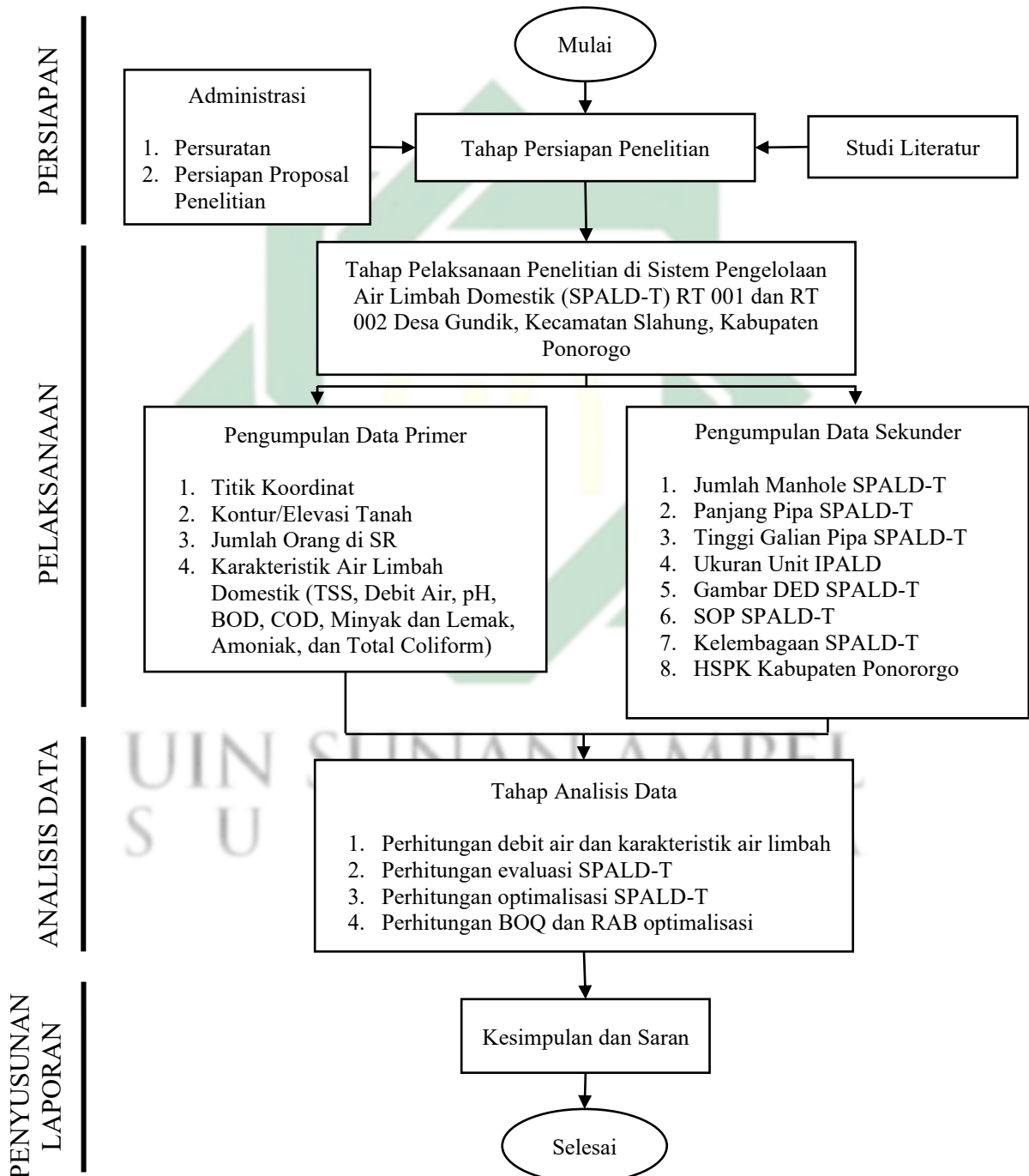
Penelitian ini dilakukan di Kawasan SPALD-T RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, seperti pada **gambar 3.1**. Adapun analisis karakteristik air limbah domestik dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya Kampus II, Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian: SPALD-T Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir merupakan penjelasan tahapan penelitian dari awal mulai penelitian, persiapan, pelaksanaan, analisis, hingga penyusunan laporan dan kesimpulan. Diagram alir bertujuan untuk merencanakan penelitian secara struktur, sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik dan lancar. Kerangka pikir penelitian ini terdapat pada **gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini dilakukan proses administrasi dan studi literatur. Proses administrasi berupa penyusunan proposal dan surat-menyurat kepada pihak DPUPKP Kabupaten Ponorogo. Penyusunan proposal penelitian tersebut juga berisikan ide dan rumusan penelitian. Hal tersebut akan didukung dengan adanya hasil studi literatur. Studi literatur dilakukan dalam upaya mencari teori yang relevan tentang optimalisasi SPALD-T maupun penelitian terdahulu yang sejenis. Adapun studi literatur yang telah didapatkan dan menunjang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengertian Air Limbah
2. Sumber Air Limbah Domestik
3. Karakteristik Air Limbah Domestik
4. Baku Mutu Air Limbah Domestik
5. Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T)

3.4.2 Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan penelitian meliputi proses pengumpulan data, yaitu data primer dan sekunder tentang SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.

1. Data Primer

Data primer yang digunakan pada optimalisasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung Kabupaten Ponorogo meliputi:

1. Titik Koordinat

Titik koordinat yang diteliti antara lain pada lokasi setiap manhole, sambungan rumah (SR), dan IPALD. Penentuan tersebut dilakukan dengan survei langsung ke titik pada setiap lokasi tujuan. Koordinat didapatkan menggunakan bantuan aplikasi *Global Policy and Strategy*. Titik koordinat tersebut

nantinya akan dimanfaatkan menjadi data acuan pemetaan kontur tanah.

2. Kontur Tanah

Pemetaan kontur atau elevasi tanah dilakukan menggunakan aplikasi software *google earth*. Kontur Tanah akan dipetakan sesuai dengan jalur pada titik koordinat yang telah didapatkan. Pada *google earth* terdapat tools “*add pad*” yang memungkinkan peneliti menggambarkan garis sesuai dengan koordinat. Setelah itu, pada hasil garis didapatkan grafik kontur tanah per titik menggunakan tools “*show elevation profile*”.

3. Jumlah Orang di SR

Jumlah orang di setiap sambungan rumah didapatkan melalui metode kuisoner tertutup. Kuisoner diberikan kepada responden disetiap SR dengan hasil jawaban uraian, sesuai dengan **tabel 3.1.** tentang daftar pertanyaan kuisoner.

Tabel 3. 1 Daftar Pertanyaan Kuisioner

Pertanyaan Ke-n	Pertanyaan
Umum	
1.	Nama:
2.	Usia:
3.	Tempat:
4.	Nomor Telepon:
Utama:	
1.	Siapa nama kepala keluarga?
2.	Berapa jumlah orang di rumah? Laki-laki: Perempuan:
3.	Apakah terdapat kekurangan pada SPALD-T selama masa operasi hingga sekarang? (seperti: bau tidak sedap)

4. Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah didapatkan melalui pengambilan sampel dan pengujian labolatorium. Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan dengan metode *grab sampling*.

Pengambilan sampel dilakukan 2 kali, yaitu pada inlet dan outlet IPALD. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel air limbah domestik sesuai dengan SNI 6989.59:2008. Sampel air limbah domestik yang telah diperoleh kemudian dianalisis kualitasnya dengan melakukan pengujian parameter air limbah domestik. Parameter yang diuji sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang meliputi parameter TSS, Debit Air, pH, BOD, COD, Minyak dan Lemak, Amoniak, dan Total Coliform.

Adapun penjelasan juga terdapat pada **tabel 3.2.** tentang data primer.

Tabel 3. 2 Rincian Data Primer

No.	Jenis Data	Metode	Sumber
1.	Titik Koordinat Manhole, SR, dan IPALD	Survei Langsung Penentuan Posisi	Aplikasi Koordinat <i>Global Policy and Strategy</i> (2023)
2.	Kontur/Elevasi Tanah di Kawasan SPALD-T	Survei Langsung dan Tracking	Aplikasi Koordinat <i>Global Policy and Strategy</i> (2023)
3.	Jumlah Orang di Setiap Sambungan Rumah (SR) SPALD-T	Kuisisioner	Sugiyono (2008)
4.	Karakteristik Air Limbah Domestik di IPALD: A. Fisika - TSS B. Kimia - pH - BOD - COD - Minyak dan Lemak - Amoniak C. Biologi - Total Coliform	Gravimetri pH meter Titrimetric Refluks tertutup Gravimetri Spektrofotometri <i>Filter membrane</i>	SNI 6989.3:2019 SNI 6989.11:2019 SNI 6989.72:2009 SNI 6989.73:2009 SNI 6989.10:2011 SNI 6989.30:2005 Multiple Tube IK BL 08

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada optimaslisasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung Kabupaten Ponorogo meliputi:

1. Jumlah Manhole

Jumlah manhole digunakan untuk perhitungan timbulan air buangan, *self cleaning velocity*, dan tinggi galian pipa.

2. Panjang Pipa

Panjang digunakan untuk perhitungan timbulan air buangan, *self cleaning velocity*, dan tinggi galian pipa.

3. Tinggi Galian Pipa

Tinggi galian pipa digunakan untuk perhitungan optimalisasi tinggi galian pipa.

4. Ukuran Unit IPALD

Ukuran unit IPALD digunakan untuk perhitungan optimalisasi kriteria bangunan dan *mass balance* IPALD.

5. Gambar DED SPALD-T

Gambar DED SPALD-T yang terdiri dari *shop drawing* dan *as build drawing*. Gambar tersebut dapat dijadikan acuan dalam optimalisasi desain dari SPAL dan IPALD.

6. SOP SPALD-T

Standar operasional dan pemeliharaan digunakan untuk acuan dalam optimalisasian pada aspek operasional yang lebih baik.

7. Kelembagaan SPALD-T

Kelembagaan terdapat pada surat keputusan KPP (Kelompok Pasca Proyek) yang terdiri dari struktur dan tupoksi badan pengoperasian SPALD-T. Data kelembagaan tersebut digunakan sebagai acuan dalam optimalisasian pada aspek kelembagan yang lebih baik.

8. HSPK Kabupaten Ponorogo

Harga dasar barang dan jasa merupakan sebuah dokumen yang berisi tentang informasi terkait harga dasar barang dan jasa yang

dipergunakan untuk kegiatan proyek pembangunan. HSPK digunakan sebagai acuan dalam penyusunan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Adapun penjelasan juga terdapat pada **tabel 3.4.** tentang data sekunder.

Tabel 3. 3 Rincian Data Sekunder

No.	Jenis Data	Sumber
1.	Jumlah Manhole	Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo (2021)
2.	Panjang Pipa	Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo (2021)
3.	Tinggi Galian Pipa	Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo (2021)
4.	Ukuran Unit IPALD (Inlet, Pengendap, AF, dan Outlet)	Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo (2021)
5.	Gambar <i>Shop dan As Build Drawing</i> SPALD-T	Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo (2021)
6.	Standar Operasional Pemeliharaan (SOP) SPALD-T	Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo (2021)
7.	Surat Keputusan (SK) Kelembagaan KSM dan KPP	Dinas PUPKP Kabupaten Ponorogo (2021)
9.	HSPK Kabupaten Ponorogo	PerBup Ponorogo Nomor 86 Tahun 2020

3.4.3 Tahap Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan, maka selanjutnya dilakukan analisis dan pengolahan data sesuai dengan literatur dan juknis untuk menentukan optimalisasi Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.

3.4.3.1 Debit Air dan Karakteristik Air Limbah

Tahapan perhitungan debit air adalah sebagai berikut

1. Kebutuhan Air (L/orang/hari)

Kebutuhan air didapatkan pada ketentuan Dinas PU tahun 1996, sebagaimana pada **tabel 2.4**. Kebutuhan air merupakan jumlah pemakaian manusia terhitung selama 1 hari.

2. Q air limbah domestik (L/detik)

Q domestik dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{domestik} = \text{jumlah penduduk} \times \text{kebutuhan air}$$

3. Q air limbah maksimal (L/detik)

Q maksimal didapatkan dengan perkalian faktor maksimum, yaitu 1,7 dan Q air limbah domestik.

$$Q_{air\ limbah\ max} = Q_{domestik} \times 1,7$$

4. Q alr (L/detik)

Q air limbah rata-rata didapatkan dengan perkalian persentase rata-rata asumsi, yaitu 60% dan Q maksimal.

$$Q_{alr} = Q_{maksimal} \times 60\%$$

5. Q al Minimal (L/detik)

Q air limbah minimal didapatkan dengan perkalian persentase minimal asumsi, 60% dan Q alr.

$$Q_{al\ min} = Q_{alr} \times 60\%$$

6. Faktor peak

Perhitungan faktor peak didapatkan berdasarkan grafik pada **gambar 2.1**.

7. Peak Infiltrasi (m³/Ha-hari)

Dalam menentukan debit puncak air limbah, debit puncak ini berdasarkan pada debit air buangan rata-ratanya dikalikan dengan nilai faktor puncak. Nilai faktor puncak dapat ditentukan dari **gambar 2.2**.

8. Q Total Akhir (L/detik)

Q total akhir didapatkan pertambahan Q al peak dan Q infiltrasi.

$$Q_{Total\ Akhir} = Q_{ab\ peak} + Q_{infiltrasi}$$

Sedangkan perhitungan karakteristik air limbah seperti TSS, Debit Air, pH, BOD, COD, Minyak dan Lemak, Amoniak, dan Total Coliform yang diperoleh dari uji hasil laboratorium sesuai SNI yang berlaku. Hal tersebut digunakan sebagai acuan penentuan unit pengolahan sesuai karakteristik air limbah tersebut dan juga sebagai pertimbangan pemilihan unit pengolahan air limbah domestik.

3.4.3.2 Evaluasi SPALD-T

A. Evaluasi Perhitungan Self Cleaning Velocity

Adapun perhitungan *Self Cleaning Velocity* didapatkan berdasarkan hasil rekap perhitungan timbulan air buangan, kriteria perencanaan, dan konsep gambar perencanaan. Terdapat beberapa rincian perhitungan *Self Cleaning Velocity* adalah sebagai berikut:

1. d/D

d/D merupakan diameter parsial, yaitu persentase 60% maksimal dari diameter pipa full. Pada umumnya diameter parsial yang digunakan dan direncanakan adalah 0,6.

2. Q_p/Q_f

Q_p puncak per Q_f full didapatkan, yaitu 0,6178.

3. n

Koefisien kekasaran pipa berdasarkan referensi didapatkan pipa PVC adalah sebesar 0,0150.

4. D Pipa (m)

D pipa didapatkan dari persamaan berikut:

$$D_{\text{pipa}} = \left(\frac{Q_{\text{Full}} \times n}{0,3117 \times \sqrt{\text{slope}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

5. D Pipa Dipilih (m)

Diameter pipa dipilih berdasarkan ukuran yang ada di pasaran, seperti: 110 mm, 200 mm, 315 mm, 400 mm, dan 500 mm. Air limbah memiliki batasan ukuran minimal pipa, yaitu 100 mm karena meminimalisir adanya sumbatan. Sumbatan tersebut

dapat terjadi karena air limbah yang mengandung padatan tersumbat pada diameter pipa yang terlalu kecil.

6. Q Full Diameter (m³/detik)

Q full diameter didapatkan dari persamaan berikut:

$$Q \text{ full } D = 0,3117 \times \left(\frac{D \text{ pipa dipilih}^{\frac{8}{3}}}{n} \right) \times \sqrt{\text{slope}}$$

7. Luas Penampang (A)

Luas penampang didapatkan dari persamaan berikut :

$$A = \pi \times \frac{1}{4} \times (D \text{ pipa dipilih})^2$$

8. V Full (m/detik)

Volume full didapatkan dari persamaan berikut:

$$V \text{ full} = Q \text{ full diameter} \times A$$

9. Qp/Qf

Qp/Qf didapatkan dari persamaan berikut :

$$Qp/Qf = \frac{Q \text{ full diameter}}{Q \text{ total}}$$

10. d/D

d/D didapatkan dari persamaan berikut :

$$d/D = \frac{D \text{ pipa}}{D \text{ pipa dipilih}}$$

11. Vp/Vf

Vp/Vf didapatkan berdasarkan referensi pada **tabel 2.5.**

B. Evaluasi Perhitungan Tinggi Galian

1. Slope Tanah

Slope didapatkan dari persamaan berikut :

$$\text{Slope} = \frac{\text{Elevasi tanah awal} - \text{Elevasi tanah akhir}}{\text{Panjang pipa}}$$

2. Slope

Slope yang direncanakan memiliki 2 jenis yaitu :

0,006 = Jika slope tanah kurang dari 0,006

+0,006 = Jika slope tanah lebih dari 0,006, sehingga

menggunakan ketetapan slope tanah

Kemiringan saluran air limbah yang datar membentuk pengendapan padatan-padatan dan menghasilkan gas hidrogen sulfida dan gas metan. Gas hidrogen sulfida yang berbau menyebabkan korosi yang berbahaya pada pipa. Sedangkan gas metan menyebabkan terjadinya ledakan. Slope minimum saluran air buangan untuk berbagai jenis pipa dapat ditampilkan pada **tabel 2.6.**

3. ΔH (m)

Perbedaan tinggi didapatkan dari persamaan berikut :

$$\Delta H = L \text{ pipa} \times \text{slope}$$

C. Evaluasi Perhitungan IPALD

Evaluasi membandingkan efisiensi removal disetiap unit IPALD, seperti: bak inlet, bak pengendap, anaerobik filter, dan bak outlet dengan hasil uji karakteristik air limbah domestik yang telah diujikan di laboratorium.

D. Evaluasi *Standart Operating Procedure* (SOP) SPALD-T

Evaluasi digunakan untuk mengetahui bagian-bagian SOP pada SPALD-T yang belum terdapat ataupun perlu dilakukan perbaikan, sehingga dapat memberikan SOP seharusnya.

E. Evaluasi Kelembagaan SPALD-T

Evaluasi digunakan untuk mengetahui bagian-bagian di aspek kelembagaan pada proyek SPALD-T yang belum terdapat ataupun perlu dilakukan perbaikan, sehingga dapat memberikan kelembagaan yang sehat dan berjalan baik.

3.4.3.3 Optimalisasi SPALD-T

A. Optimalisasi Teknis SPALD-T

Optimalisasi teknis SPALD-T dilakukan berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya. Optimalisasi teknis dapat berupa perbaikan pada panjang pipa, diameter pipa, tinggi galian pipa, hingga perombakan atau penambahan unit pada IPALD.

B. Optimalisasi *Standart Operating Procedure* (SOP) SPALD-T

Optimalisasi SOP SPALD-T dilakukan berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya. Optimalisasi SOP dapat berupa perbaikan dalam penyusunan tahap pemeliharaan, standar keamanan, hingga pemberlakuan perawatan SPALD-T yang baik.

C. Optimalisasi Kelembagaan SPALD-T

Optimalisasi kelembagaan SPALD-T dilakukan berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya. Optimalisasi kelembagaan dapat berupa perbaikan tupoksi setiap pengurus, struktural pengurus, pendanaan, hingga gaji para pegawai.

3.4.3.4 Perhitungan BOQ dan RAB Optimalisasi SPALD-T

Adapun bagian dari perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Optimalisasi Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, sebagai berikut:

1. Harga Satuan Bahan dan Upah
2. Analisis Harga Satuan Pekerjaan
3. Rekap Harga Satuan Pekerjaan
4. Penentuan Volume Pekerjaan
5. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)

BAB IV
GAMBARAN UMUM DESA GUNDIK DAN SPALD-T RT 001 RT 002
DESA GUNDIK KECAMATAN SLAHUNG

4.1. Gambaran Umum Desa Gundik



Gambar 4. 1 Balai Desa Gundik, Kecamatan Slahung

Desa Gundik terletak diantara sebelah utara adalah desa Karang, sebelah selatan desa galak simo, sebelah timur desa mojopitu dan sebelah barat desa nailan. Di desa Gundik terdapat tiga dukuh yaitu dukuh weguh, dukuh gentong dan dukuh bakalan. Luas wilayah desa Gundik 168,242 ha dengan luas pemukiman 11,431 ha/m², Persawahan 94 ha, Perkebunan 0,420 ha, Perkantoran 0, 140 ha, Sawah irigasi 94 ha, Tegal 23,43 ha, bengkok 10,8 ha, Jalan 6000 m, Jarak desa Gundik dari kecamatan Slahung sekitar 7 km, jarak dari kabupaten Ponorogo sekitar 17 km.

Di desa Gundik terdapat tempat-tempat Ibadah seperti Masjid, yang sebelumnya hanya 2 Buah Masjid menjadi 6 Masjid dan 12 Mushola yang tersebar di Wilayah Desa Gundik, Bidang Seni, Desa Gundik memiliki 2 Group Seni Reog yaitu : Seni reog cakrabirawa, seni gajah-gajahan, Group Seni hadroh mutiara nada dan habsi joko kendil, dan Seni Kerawitan Ngudi Laras dan di bidang keagamaan, masyarakat Gundik mayoritas aktif dalam

kegiatan-kegiatan lingkungan seperti Jamaah Yaasin, Pengajian, Majelis Ta'lim dan Kegiatan-kegiatan lainnya.

Di desa Gundik mayoritas masyarakatnya bekerja disektor pertanian, khususnya petani padi dan petani kedelai. Untuk petani padi, hasil panennya dimakan sendiri dan sebagian dijual. Untuk petani kedelai, hasil panennya diolah menjadi tempe sayur dan keripik tempe. Hasil tempe sayur dijual ke pasar, ke penadah atau ke toko-toko sembako. Sedangkan hasil kedelai yang lain diolah menjadi keripik tempe dengan proses yang sedemikian rupa sehingga mayoritas warga desa gundik memiliki usaha home industri keripik tempe.



Gambar 4. 2 Sketsa Desa Gundik, Kecamatan Slahung

4.1.1. Sejarah Desa Gundik

Babat desa erat sekali dengan babat kabupaten, dengan kerajaan atau negeri. Untuk itu dalam menulis babat desa khususnya desa Gundik juga perlu mempelajari babat Ponorogo. Dasar lain agar mendekati kebenaran tentang babat desa Gundik bisa melihat peninggalan – peninggalan lama yang masih ada, cerita-cerita para orang terdahulu. Apalagi desa Gundik ada tertulis adanya Palang atau Kepala Desa Gundik. Nama desa Gundik diambil dari nama Trah Mojopahit yaitu Pangeran Batoro Katong yang memiliki anak bernama Mbah Bawuk yaitu setelah Mbah Bawuk tapa brata dan Murco entah kemana yang sampai sekarang berupa gundukan rumah rayap besar di Desa Gundik.

Arti nama Gundik diambil dari sejarah ada yang mengartikan istri simpanan tetapi dari itu gundik diambil dari dulu ada seseorang yang bertapa dan musnah serta timbul sebuah gundukan rayap yang disebut gundik. Dan Gudukan rumah rayap tersebut masih dijadikan Pugeran yang masih sering dileluri oleh anak keturunannya oleh para tokoh masyarakat pada Zaman itu di abadikan menjadi sebuah nama Desa Sejarah Pemerintahan Desa Gundik Kecamatan Slahung Kabupaten Ponorogo. Palang atau Kepala Desa Gundik yang pertama adalah Mbah Palang I Masa Kepemerintahan mulai Tahun 1818 sampai dengan 1902 M. Makam Palang I Adalah terletak di Makam Pesanggrahan Dusun Weguh Desa Gundik. Gantinya adalah Mbah Kromo sentono Yang memiliki Masa Kepemimpinan mulai Tahun 1892 sampai dengan 1953 dan dimakamkan di Makam Pesanggrahan Dusun Weguh Desa Gundik.

Sepeninggal Mbah Kromo Sentono digantikan oleh Mbah Mangundihardjo yang berkuasa antara Tahun 1953 M sampai dengan 1975 M. Terjadi perubahan Pemerintahan Desa menjadi Kepala Desa atau Lurah. Beliau dimakamkan di Makam Pesanggrahan Dusun weguh Desa Gundik yang menggantikan Mbah Mangundihardjo adalah : Mbah Soenarjodihadjo masa kepemerintahan Mbah Soenarjodihadjo adalah berkisar antara tahun 1976 M sampai dengan 2000 M.

4.1.2. Demografi Desa Gundik

Demografi Desa Gundik Kecamatan Slahung Kabupaten Ponorogo
Keadaan Demografis Desa Gundik Kecamatan Slahung Kabupaten
Ponorogo mencakup data sebagai berikut:

1. Kependudukan:
 - Laki-laki = 990 Jiwa
 - Perempuan = 1.115 Jiwa
 - Jumlah = 2105 Jiwa
2. Mata pencaharian penduduk:
 - Petani = 969 Orang
 - PNS / TNI = 45 Orang
 - Perdagangan = 20 Orang
 - Pensiunan = 16 Orang
 - Home Industri = 46 Orang
 - Buruh tani = 459 Orang
 - Jasa lainnya = - Orang
 - Swasta = 548 Orang
3. Usia produktif = 1684 Orang
4. Tingkat Pendidikan Penduduk:
 - Tributa = 48 Orang
 - Tidak tamat SD = 676 Orang
 - Tamat SD = 849 Orang
 - Tamat SLTP = 296 Orang
 - Tamat SLTA = 173 Orang
 - Tamat Sarjana = 63 Orang
5. Keagamaan:
 - Islam = 2105 Orang
 - Katholik = - Orang
 - Kristen = - Orang
 - Hindu = - Orang
 - Budha = - Orang

4.1.3. Kondisi Perekonomian Desa Gundik

Pertumbuhan ekonomi di Desa Gundik adalah sebagai berikut:

1. Kualitas dan Jumlah Penduduk Kerja
 - Penduduk tidak tamat SD = 303 Orang
 - Penduduk tamat SD = 1112 Orang
 - Penduduk tamat SLTP = 396 Orang
 - Penduduk tamat SLTA = 173 Orang
 - Penduduk tamat Diploma = 15 Orang
 - Penduduk tamat Sarjana = 18 Orang
2. Pengangguran dan Telah Kerja
 - Penduduk pengangguran usia 15-55 tahun = 97 Orang
 - Penduduk kerja usia 15-55 tahun = 1146 Orang
3. Keluarga Sejahtera dan RTM
 - Jumlah Keluarga Pra sejahtera = 219 KK
 - Jumlah Keluarga Sejahtera I = 135 KK
 - Jumlah Keluarga Sejahtera II = 81 KK
 - Jumlah Keluarga Sejahtera III = 54 KK
 - Jumlah Keluarga Sejahtera III Plus = 23 KK

Potensi unggulan desa adalah luas wilayah Desa Gundik sebesar 168,415 Ha. Terdiri dari tanah sawah 142,36 Ha, tanah darat 9,67 Ha, dan tanah kering 13,75 Ha. Disamping dibidang pertanian, masyarakat Desa Gundik mempunyai usaha sampingan yang dilakukan dengan sistem home industri yang terdiri dibidang usaha, seperti: mebeler, pembuatan tempe dan tahu, penjahit, pembuatan batu merah, salon ecantikan, anyaman bambu, dan pembuatan aneka makanan kecil.

4.1.4. Kondisi Kebudayaan Desa Gundik

Dalam Bidang Sosial kemasyarakatan/Agama, Seni dan Budaya di Desa Gundik, Kecamatan Slahung, antara lain:

1. Banyak berdiri tempat-tempat Ibadah seperti Masjid, yang sebelumnya hanya 2 Buah Masjid menjadi 6 Masjid dan 12 Mushola yang tersebar di Wilayah Desa Gundik

2. Bidang Seni , Desa Gundik memiliki 2 Group Seni Reog yaitu : Seni Reog Cakrabirawa dan 1 Buah Group Seni Hadrah Mutiara Nada.
3. Bidang Budaya, Masyarakat Gundik Mayoritas aktif dalam kegiatan-kegiatan Lingkungan seperti Jamaah Yaasin, Pengajian, Majelis Ta'lim

4.2. SPALD RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung

SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung merupakan salah satu program pembangunan “Sanimas Reguler 2021 Kabupaten Ponorogo” dalam mengatasi permasalahan air limbah domestik di daerah tersebut. SPALD-T tersebut memiliki panjang pipa induk sekitar 1057,8 meter dan tinggi galian pipa berkisar 78 meter hingga 142 meter diatas permukaan tanah. Bangunan IPAL Domestik memiliki beberapa unit, yaitu: Bak Perata, Bak Pengendap, Anaerobik Filter (AF), dan Anaerobik Baffle Reactor (ABR) (DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021).

Pembangunan dilakukan berdasarkan program pemerintah Kabupaten Ponorogo, yaitu Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS) Reguler Tahun Anggaran 2021. SPALD-T mulai dibangun oleh Dinas PUPR Kabupaten Ponorogo pada 25 Mei 2021 hingga 12 September 2021 lalu. Pembangunan tersebut dilaksanakan kurang lebih selama 16 minggu (Dinas PUPR Kabupaten Ponorogo, 2021). Proyek ini mencakup 68 SR *shop drawing*, sedangkan pada *as built drawing* hanya mencakup 49 Sambungan Rumah.



Gambar 4. 3 (kiri) Pemasangan Manhole Saluran Pipa ; (kanan) Penggalian Tanah Saluran Pipa

Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021



Gambar 4. 4 (kiri) Pembuatan Pondasi IPAL ; (kanan) Pembuatan Kerangka Dinding dan Kolom IPAL

Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021



Gambar 4. 5 (kiri) Penulangan dan Cor IPAL; (kanan) Tahap Akhir Pemasangan Lubang IPAL

Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021



Gambar 4. 6 Tampak Atas Depan IPAL

Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021



Gambar 4. 7 *Tampak Atas Samping IPAL*

Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021

4.2.1. Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM)

Berdasarkan Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Satuan Kerja Pelaksanaan Prasarana Pemukiman Wilayah II Provinsi Jawa Timur Program Sanimas Reguler Nomor: 107.1/KPTS/Cb16.5/2021 tentang “Penetapan Kelompok Swadaya Masyarakat Penerima Bantuan Pemerintah Program Sanimas Reguler Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo” ditetapkan pengurus KSM Honggo Taruna Berkah. KSM tersebut memiliki tugas sebagai berikut:

1. Bertanggung jawab atas pelaksanaan Program Sanimas Reguler Tahun Anggaran 2021 dari mulai perencanaan, pelaksanaan konstruksi, pengawasan, pelaporan/pertanggungjawaban hingga serah terima pekerjaan.

Susunan pengurus Kelompok Swadaya Masyarakat “Honggo Taruna Berkah” Dukuh Gentong, Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 *Susunan Pengurus KSM Honggo Taruna Berkah*

No.	Nama	Jabatan
1.	Supriyanto	Ketua
2.	Darmawan	Sekretaris
3.	Kadirin	Bendahara
4.	Sujono	Seksi Perencanaan
5.	Sulaiman	Seksi Pelaksanaan

No.	Nama	Jabatan
6.	Djuriyanto	Seksi Pengawas
7.	Suwandi	Ketua Pengadaan Barang dan Jasa
8.	Suwarso	Sekretaris Pengadaan Barang dan Jasa
9.	Wakijo	Anggota Pengadaan Barang dan Jasa

Sumber: Lampiran SK 107.1/KPTS/Cb16.5/2021



Gambar 4. 8 Penetapan KSM dan Anggaran Sanimas Reguler

Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021



Gambar 4. 9 Pengurus KSM Honggo Taruna Berkah

Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021

4.2.2. Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara (KPP)

Berdasarkan Keputusan Kepala Desa Gundik: Program Sanitasi Berbasis Masyarakat Nomor: 141/32/405.30.01.19/2021 tentang “Pembentukan Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara Bantuan

Pemerintah” ditetapkan pengurus KPP Honggo Taruna Berkah. KPP tersebut memiliki tugas sebagai berikut:

1. Merencanakan tentang besarnya iuran pemanfaatan sarana;
2. Mengumpulkan iuran, membuat perencanaan belanja, membukukan, dan melaporkan secara rutin operasional dan pemeliharaan;
3. Mengoperasikan dan memelihara sarana fisik SANIMAS;
4. Mengontrol semua saluran perpipaan secara rutin;
5. Mengembangkan mutu pelayanan dan jumlah sarana pengguna;
6. Melakukan kampanye PHBS.

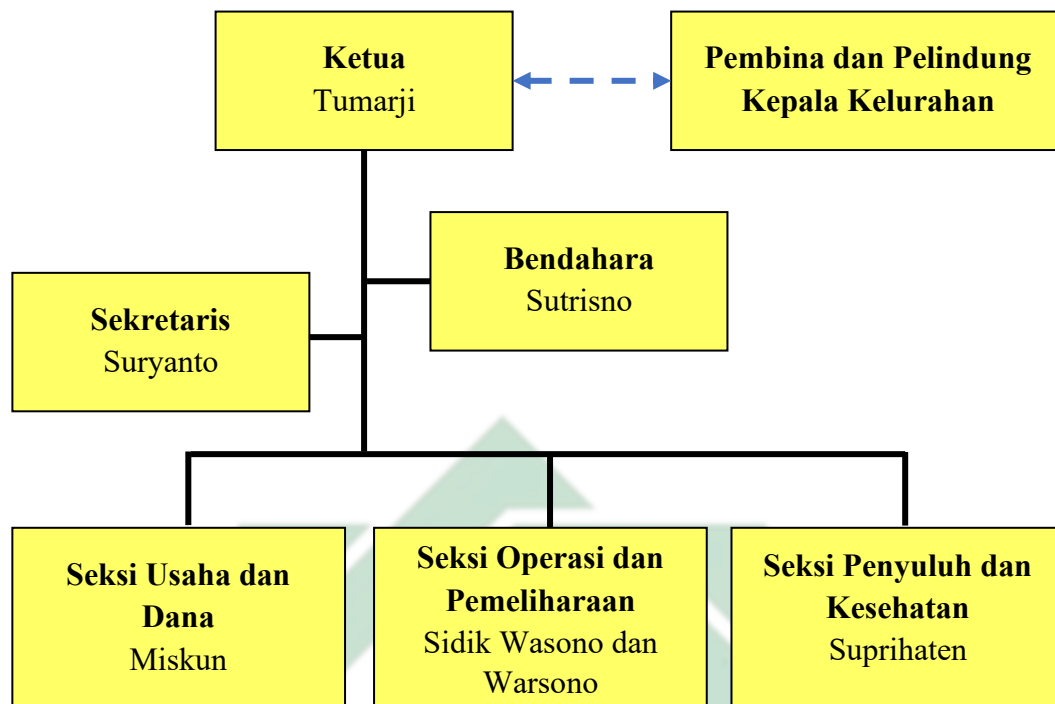
Susunan pengurus Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara “Honggo Taruna Berkah” Dukuh Gentong, Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Susunan Pengurus KPP Honggo Taruna Berkah

No.	Nama	Jabatan	Keterangan
1.	Tumarji	Ketua	
2.	Sutrisno	Bendahara	
3.	Suryanto	Sekretaris	
4.	Miskun	Seksi Usaha dan Dana	
5.	Sidik Wasono dan Warsono	Seksi Operasi dan Pemeliharaan	
6.	Suprihaten	Seksi Penyuluh dan Kesehatan	

Sumber: Lampiran Keputusan Desa Gundik 141/32/405.30.01.19/2021

Bagan Organisasi Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara “Honggo Taruna Berkah” Dukuh Gentong, Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur adalah sebagai berikut:



Keterangan:

———— = Garis Perintah

- - - - = Garis Koordinasi

Gambar 4. 10 *Bagan Organisasi KPP Honggo Taruna Berkah*
Sumber: digambar ulang dari Lampiran Keputusan Desa Gundik
141/32/405.30.01.19/2021



Gambar 4. 11 *Serah Terima KPP Honggo Taruna Berkah*
Sumber: Dokumentasi DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kondisi Eksisting SPALD-T Gundik

Kondisi eksisting SPALD-T terdiri dari debit air limbah, karakteristik air limbah, sistem penyaluran air limbah (SPAL), dan instalasi pengolahan air limbah Domestik (IPALD).

5.1.1. Debit Air Limbah SPALD-T Gundik

Kondisi eksisting debit air limbah diketahui melalui perhitungan dengan rumus. Perhitungan dilakukan berdasarkan data lapangan berupa panjang pipa, jumlah SR, hingga jumlah jiwa setiap manhole. Debit air limbah merupakan data penting dalam menentukan diameter jaringan perpipaan yang tepat. Pada perhitungan didapatkan hasil total akhir timbulan air limbah menuju IPALD adalah sebesar 1,2945 liter/detik. Rincian perhitungan timbulan air buangan adalah sebagai berikut:

Contoh perhitungan berdasarkan tabel “perhitungan timbulan air limbah” di lampiran 2

1. Lajur

Lajur merupakan bagian jalur yang pipa memanjang yang menyambungkan antar manhole.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

2. Manhole Dari

Manhole dari merupakan manhole awal pada jalur tertentu dalam suatu perencanaan.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Maka, Manhole Dari adalah “MH A”

3. Manhole Ke

Manhole ke merupakan manhole akhir pada jalur tertentu dalam suatu perencanaan.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Maka, Manhole Ke adalah “MH B”

4. Panjang Individu (m)

Panjang individu merupakan jarak (m) antar manhole.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada lajur tersebut, panjang individu pipa adalah sepanjang 16,00 meter.

5. Panjang Kumulatif (m)

Panjang kumulatif merupakan jumlah jarak (m) antar manhole tertentu.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Panjang individu pipa adalah sepanjang 16,00 meter.

Lajur 2 = Manhole MH B → Manhole MH C

Panjang individu pipa adalah sepanjang 16,00 meter.

Maka, panjang kumulatif adalah sebagai berikut :

$$Komulatif(m) = IndividuLajur1 + IndividuLajur2$$

$$Komulatif(m) = 16,00 \text{ meter} + 16,00 \text{ meter}$$

$$Komulatif(m) = 32,00 \text{ meter}$$

6. Luas Daerah (Ha)

Luas daerah (Ha) didapatkan pada perhitungan pada **lampiran 2**

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Luas daerah adalah seluas 0,0311 Hektare.

7. Jumlah Penduduk (Jiwa)

Jumlah penduduk (jiwa) didapatkan pada perhitungan. Dan pada jalur selanjutnya akan ditambahkan secara komulatif.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Jumlah penduduk adalah sebanyak 4 jiwa.

Lajur 2 = Manhole MH B → Manhole MH C

Jumlah penduduk adalah sebanyak 4 jiwa + 3 jiwa = 7 jiwa

8. Kebutuhan Air (L/orang/hari)

Kebutuhan air didapatkan pada ketentuan Dinas PU tahun 1996 untuk kota besar Ponorogo (500.000 – 1.000.000 jiwa), yaitu: 120-150 l/orang/hari. Dalam perencanaan ini ditetapkan sebesar 135 l/orang/hari.

9. Q domestik (L/detik)

Q domestik dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{\text{domestik}} = \text{jumlah penduduk} \times \text{kebutuhan air}$$

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q_{\text{domestik}} = 4 \text{ jiwa} \times 135 \text{ liter/detik/jiwa}$$

$$Q_{\text{domestik}} = 0,0063 \text{ liter/detik}$$

10. Q maksimal (L/detik)

Q maksimal didapatkan dengan perkalian faktor maksimum dan Q total domestik.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q_{\text{maksimal}} = Q_{\text{total}} \times \text{Faktor Maksimum}$$

$$Q_{\text{maksimal}} = 0,0063 \text{ liter/detik} + 1,7$$

$$Q_{\text{maksimal}} = 0,0106 \text{ liter/detik}$$

11. Q_{abr} (L/detik)

Q_{abr} air buangan rata-rata didapatkan dengan perkalian persentase rata-rata asumsi dan $Q_{maksimal}$.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q_{abr} = Q_{maksimal} \times \text{persentase rata - rata asumsi}$$

$$Q_{abr} = 0,0106 \text{ liter/detik} \times 60\%$$

$$Q_{abr} = 0,0064 \text{ liter/detik}$$

12. $Q_{ab \text{ Minimal}}$ (L/detik)

$Q_{ab \text{ minimal}}$ air buangan minimal didapatkan dengan perkalian persentase minimal asumsi dan Q_{abr} .

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q_{ab \text{ min}} = Q_{abr} \times \text{persentase rata - rata asumsi}$$

$$Q_{ab \text{ min}} = 0,0064 \text{ liter/detik} \times 60\%$$

$$Q_{ab \text{ min}} = 0,0038 \text{ liter/detik}$$

13. Q_{abr} (m^3 /detik)

Q_{abr} air buangan rata-rata didapatkan dengan pengubahan satuan Q_{abr} dari l/detik menjadi m^3 /detik.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q_{abr} = 0,0064 \text{ liter/detik}$$

$$Q_{abr} = 0,0000064 \text{ m}^3/\text{detik}$$

14. Faktor peak

Faktor peak didapatkan berdasarkan grafik sebagai berikut :

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$Q_{abr} = 0,0000064 \text{ m}^3/\text{detik}$, maka didapatkan F peak adalah 4,00.

15. Q_{ab} peak (L/detik)

Q_{ab} peak didapatkan perkalian faktor peak dan Q_{abr} .

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q_{ab} \text{ peak} = Q_{abr} \times \text{faktor peak}$$

$$Q_{ab} \text{ peak} = 0,0064 \text{ liter/detik} \times 4,00$$

$$Q_{ab} \text{ peak} = 0,0255 \text{ liter/detik}$$

16. Peak Infiltrasi (m^3 /Ha-hari)

Faktor peak infiltrasi didapatkan berdasarkan grafik peak infiltrasi.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Q_{ab} peak = 0,0255 liter/detik, maka didapatkan F peak infiltrasi adalah 17,00 m^3 /Ha-hari.

17. Q Infiltrasi (m^3 /hari)

Q infiltrasi didapatkan perkalian luas daerah dan faktor peak infiltrasi.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q \text{ Infiltrasi} = \text{Luas daerah} \times \text{faktor peak infiltrasi}$$

$$Q \text{ Infiltrasi} = 0,0311 \text{ Ha} \times 17,00 \text{ m}^3/\text{Ha} - \text{hari}$$

$$Q \text{ Infiltrasi} = 0,529 \text{ m}^3/\text{hari}$$

18. Q Infiltrasi (L/hari)

Q infiltrasi didapatkan dengan perubahan satuan Q infiltrasi dari m^3 /hari menjadi l/detik.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q \text{ Infiltrasi} = 0,529 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q \text{ Infiltrasi} = 0,0061 \text{ l/detik}$$

19. Q Total Akhir (L/detik)

Q total akhir didapatkan pertambahan Q ab peak dan Q infiltrasi.

Contoh :

Lajur 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$Q \text{ Total Akhir} = Q \text{ ab peak} + Q \text{ infiltrasi}$

$Q \text{ Total Akhir} = 0,0255 \text{ l/d} + 0,0061 \text{ l/d} = 0,0316 \text{ l/detik}$

Berdasarkan perhitungan didapatkan total debit air limbah pada manhole pertama yaitu MH A ke MH B adalah sebesar 0,0316 liter/detik. Sedangkan total timbulan air limbah akhir yaitu MH 37 ke IPALD adalah sebesar 1,2945 liter/detik atau setara dengan 4,6602 m³/jam.

5.1.2. Karakteristik Air Limbah SPALD-T Gundik

Karakteristik air limbah domestik dapat digolongkan menjadi parameter fisik, kimia, dan biologi. Baku mutu air limbah domestik mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016. Adapun karakteristik air limbah di SPALD-T RT 001 dan RT 002 Desa Gundik adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Karakteristik Air Limbah SPALD-T Gundik

HASIL KARAKTERISTIK AIR LIMBAH								
No	Parameter	Satuan	Hasil Labolatorium				Baku Mutu	Metode
			Inlet	Bak Pengendap	Anaerobik Filter	Outlet		
1	pH	-	8,27*	8,05*	8,05*	8,25*	6-9	SNI.6989.11.2019
2	Suhu	°C	20,6	20,7	20,6	20,7	-	SNI.06.6989.23.2005
3	BOD	mg/l	22,14*	34,63**	10,99*	11,43*	30	SNI.6989.72.2009
4	COD	mg/l	68,219*	87,836*	32,061*	38,443*	100	SNI.6989.2.2019
5	TSS	mg/l	5,24*	2,6*	2,34*	2,01*	30	SNI.06.6989.3.2004
6	Minyak dan Lemak	mg/l	4,00*	2,70*	3,58*	3,28*	5	SNI.6989.10.2011
7	Amonia	mg/l	22,8**	6,75*	9,225*	14,00**	10	SNI.06.6989.30.2005
8	Coliform	MPN/100 ml	240 x 10 ^{2**}	1600 x 10 ^{2**}	1600 x 10 ^{2**}	1600 x 10 ^{2**}	3000	Mutliple Tube IK BL 08

Keterangan:
 *= Dibawah baku mutu ** = Diatas baku mutu

Sumber: Hasil Analisis Peneliti (2023)

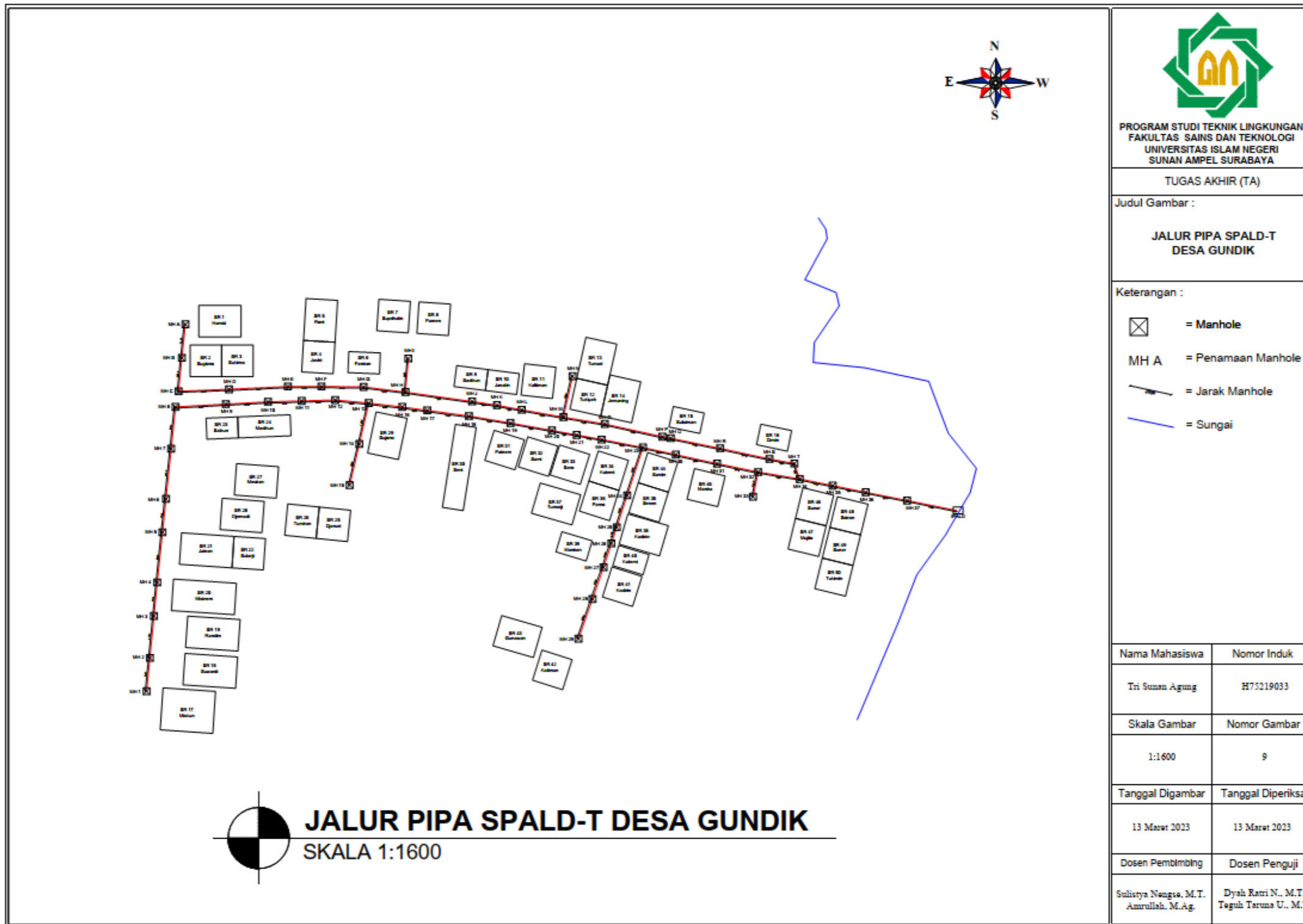
Berdasarkan hasil laboratorium didapatkan karakteristik air limbah semula adalah pH 8,27, Suhu 20,6°C, BOD 22,14 mg/l, COD 68,219 mg/l, TSS 5,24 mg/l, Minyak dan Lemak 4,00 mg/l, Amonia 22,8 mg/l, dan Coliform 240×10^2 MPN/100 ml. Sedangkan hasil akhir setelah diolah dengan unit IPALD adalah pH 8,25, Suhu 20,7°C, BOD 11,43 mg/l, COD 38,443 mg/l, TSS 2,01 mg/l, Minyak dan Lemak 3,28 mg/l, Amonia 14,0 mg/l, dan Coliform 1600×10^2 MPN/100 ml. Terjadi penurunan karakteristik air limbah di semua parameter, kecuali total coliform.





Hasil laboratorium yang dibandingkan dengan baku mutu mendapatkan kesimpulan terdapat beberapa parameter kadarnya melebihi yang seharusnya. Adapun yang melebihi baku mutu PermenLHK No. 68 Tahun 2016 adalah BOD pada unit bak pengendap, Amoniak pada unit bak inlet dan outlet, serta Total Coliform disemua unit IPALD.

Pembuangan air limbah olahan yang memiliki konsentrasi amonia tinggi dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut dan menimbulkan gangguan fungsi fisiologi serta metabolisme seperti respirasi di perairan. Adapun juga keberadaan amonia dapat mempengaruhi perubahan ukuran kloroplas mengecil, disorganisasi tilakoid sehingga menghambat proses fotosintesis tanaman air (Putri dkk., 2019). Tingginya kandungan BOD dalam air sungai bisa dipengaruhi oleh jumlah mikroorganisme yang sedikit. Jumlah dan aktivitas mikroorganisme mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai BOD (Koda dkk., 2017). Ketika jumlah mikroorgansime sedikit, proses pemecahan secara biokimia tidak terjadi atau intensitas pemecahan secara biokimia tidak signifikan (Royani dkk., 2021). Tingginya parameter fecal coliform dapat mengakibatkan kontaminasi pada biota air yang apabila biota tersebut dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan berbagai penyakit bawaan secara tidak langsung (Lanang & Sururi, 2022).

5.1.3. Sistem Penyaluran Air Limbah SPALD-T Gundik

Hasil pemetaan dan sampling didapatkan jalur pipa penyaluran SPALD-T Desa Gundik adalah sebagai berikut:



 PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA	
TUGAS AKHIR (TA)	
Judul Gambar :	
JALUR PIPA SPALD-T DESA GUNDIK	
Keterangan :	
	= Manhole
MH A	= Penamaan Manhole
	= Jarak Manhole
	= Sungai
Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Tri Sunan Agung	H75219033
Skala Gambar	Nomor Gambar
1:1600	9
Tanggal Digambar	Tanggal Diperiksa
13 Maret 2023	13 Maret 2023
Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
Sulistya Nengse, M.T. Amrullah, M.Ag.	Dyah Ratri N., M.T. Teguh Teruna U., M.T.

Gambar 5. 1 Jalur Pipa SPALD-T Desa Gundik

Berdasarkan hasil pemetaan dan sampling didapatkan titik koordinat, elevasi, jarak antar manhole, luas daerah, dan jumlah penduduk di SPALD-T Desa Gundik. Rincian data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 2 Data Jalur Pipa Penyaluran SPALD-T Desa Gundik

MAN	TITIK KOORDINAT	ELV (Mdpl)	MAN TUJ	JARAK MAN (m)	LUAS (Ha)	PEND (Jiwa)
MH A	S 7°58'31,29564" E 111°26'7,26576"	116	MH B	16,00	0,03	4
MH B	S 7°58'31,78812" E 111°26'7,06488"	116	MH C	16,00	0,02	3
MH C	S 7°58'32,16108" E 111°26'6,8622"	116	MH D	24,00	0,00	0
MH D	S 7°58'32,3364" E 111°26'7,62108"	115	MH E	28,00	0,02	4
MH E	S 7°58'32,26584" E 111°26'8,6856"	115	MH F	16,00	0,00	0
MH F	S 7°58'32,31264" E 111°26'9,1284"	115	MH G	20,00	0,05	5
MH G	S 7°58'32,27376" E 111°26'9,56868"	115	MH H	20,00	0,02	5
MH H	S 7°58'32,35044" E 111°26'10,35168"	115	MH J	32,00	0,00	0
MH I	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	115	MH H	16,00	0,05	6
MH J	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	115	MH K	12,00	0,02	3
MH K	S 7°58'32,62548" E 111°26'12,15132"	115	MH L	12,00	0,02	2
MH L	S 7°58'32,61648" E 111°26'12,32088"	115	MH M	20,00	0,02	6
MH M	S 7°58'32,68848" E 111°26'13,07544"	115	MH O	20,00	0,00	0
MH N	S 7°58'31,9926" E 111°26'12,94008"	115	MH M	20,00	0,05	11
MH O	S 7°58'33,02472" E 111°26'14,19036"	115	MH P	28,00	0,03	2
MH P	S 7°58'33,04488" E 111°26'14,58348"	115	MH Q	4,00	0,00	0

MAN	TITIK KOORDINAT	ELV (Mdpl)	MAN TUJ	JARAK MAN (m)	LUAS (Ha)	PEND (Jiwa)
MH Q	S 7°58'33,15" E 111°26'14,79912"	115	MH R	24,00	0,02	5
MH R	S 7°58'33,30264" E 111°26'15,25668"	115	MH S	24,00	0,00	0
MH S	S 7°58'33,22524" E 111°26'15,84708"	114	MH T	12,00	0,02	3
MH T	S 7°58'33,31164" E 111°26'16,12356"	114	MH 34	7,80	0,00	0
MH 1	S 7°58'36,94368" E 111°26'6,4104"	116	MH 2	16,00	0,05	3
MH 2	S 7°58'36,33384" E 111°26'6,3996"	116	MH 3	20,00	0,04	4
MH 3	S 7°58'35,57892" E 111°26'6,5526"	116	MH 4	16,00	0,04	2
MH 4	S 7°58'35,18148" E 111°26'6,61164"	116	MH 5	24,00	0,05	5
MH 5	S 7°58'34,34808" E 111°26'6,59076"	116	MH 6	16,00	0,06	8
MH 6	S 7°58'34,23504" E 111°26'6,52704"	116	MH 7	24,00	0,00	0
MH 7	S 7°58'33,20544" E 111°26'6,69588"	116	MH 8	20,00	0,00	0
MH 8	S 7°58'32,56212" E 111°26'6,78372"	116	MH 9	24,00	0,00	0
MH 9	S 7°58'32,5074" E 111°26'7,81008"	115	MH 10	20,00	0,02	4
MH 10	S 7°58'31,96992" E 111°26'8,79828"	115	MH 11	16,00	0,03	3
MH 11	S 7°58'32,07144" E 111°26'8,97432"	115	MH 12	16,00	0,00	0
MH 12	S 7°58'32,58228" E 111°26'9,56832"	115	MH 13	16,00	0,00	0
MH 13	S 7°58'32,5668" E 111°26'10,1508"	115	MH 16	16,00	0,00	0
MH 14	S 7°58'32,98296" E 111°26'10,11264"	115	MH 13	20,00	0,00	0
MH 15	S 7°58'33,83688" E 111°26'9,75948"	115	MH 14	20,00	0,11	18

MAN	TITIK KOORDINAT	ELV (Mdpl)	MAN TUJ	JARAK MAN (m)	LUAS (Ha)	PEND (Jiwa)
MH 16	S 7°58'32,484" E 111°26'10,70376"	115	MH 17	12,00	0,03	4
MH 17	S 7°58'32,7144" E 111°26'11,112"	115	MH 18	20,00	0,00	0
MH 18	S 7°58'32,46456" E 111°26'11,30892"	115	MH 19	20,00	0,04	4
MH 19	S 7°58'32,51892" E 111°26'12,30972"	115	MH 20	20,00	0,02	3
MH 20	S 7°58'32,96316" E 111°26'12,95016"	115	MH 21	12,00	0,02	3
MH 21	S 7°58'33,21732" E 111°26'13,56648"	115	MH 22	12,00	0,02	5
MH 22	S 7°58'33,04776" E 111°26'13,7076"	115	MH 23	20,00	0,00	0
MH 23	S 7°58'33,14424" E 111°26'14,37216"	115	MH 30	16,00	0,00	0
MH 24	S 7°58'33,94452" E 111°26'13,9812"	115	MH 23	24,00	0,07	10
MH 25	S 7°58'34,34556" E 111°26'14,07768"	115	MH 24	16,00	0,06	7
MH 26	S 7°58'34,70556" E 111°26'13,79364"	115	MH 25	8,00	0,03	6
MH 27	S 7°58'35,15088" E 111°26'13,41384"	115	MH 26	12,00	0,02	3
MH 28	S 7°58'35,83056" E 111°26'13,1226"	115	MH 27	16,00	0,00	0
MH 29	S 7°58'36,26832" E 111°26'13,24608"	115	MH 28	20,00	0,05	11
MH 30	S 7°58'33,21372" E 111°26'15,07308"	115	MH 31	20,00	0,02	6
MH 31	S 7°58'33,3408" E 111°26'15,3852"	114	MH 32	20,00	0,02	7
MH 32	S 7°58'33,45204" E 111°26'16,34604"	114	MH 34	20,00	0,00	0
MH 33	S 7°58'33,62952" E 111°26'16,36008"	114	MH 32	12,00	0,00	5
MH 34	S 7°58'33,4344" E 111°26'16,7946"	114	MH 35	16,00	0,00	0

MAN	TITIK KOORDINAT	ELV (Mdpl)	MAN TUJ	JARAK MAN (m)	LUAS (Ha)	PEND (Jiwa)
MH 35	S 7°58'33,83976" E 111°26'17,52144"	114	MH 36	16,00	0,05	8
MH 36	S 7°58'33,7044" E 111°26'18,01932"	114	MH 37	20,00	0,07	15
MH 37	S 7°58'33,79476" E 111°26'18,75732"	114	IPAL	24,00	0,00	0

Sumber: Hasil Sampling dan Pemetaan Penulis (2023)



Gambar 5. 2 Kondisi Eksisting Salah Satu Manhole

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

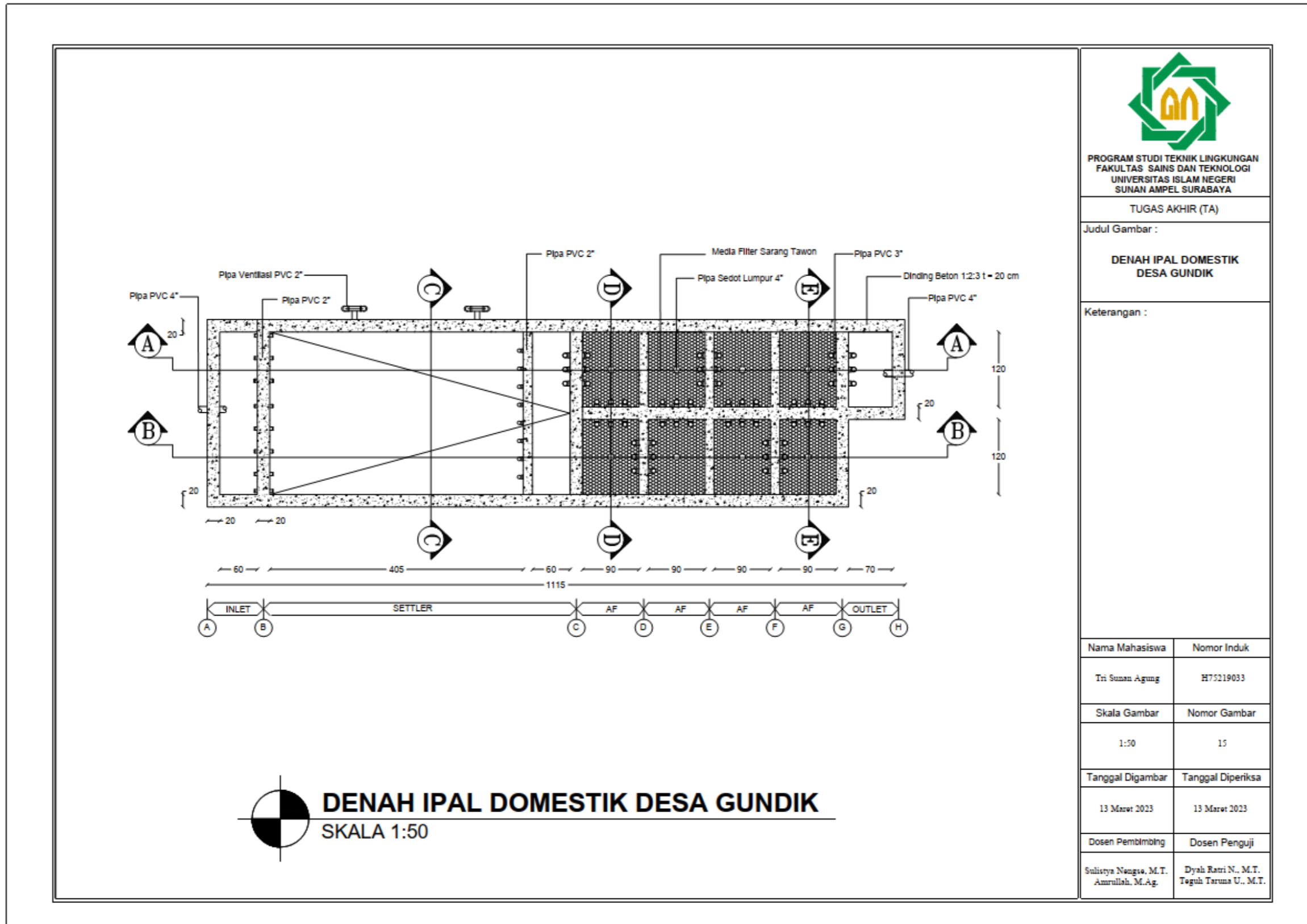


Gambar 5. 3 Kondisi Eksisting Salah Satu Bak Kontrol

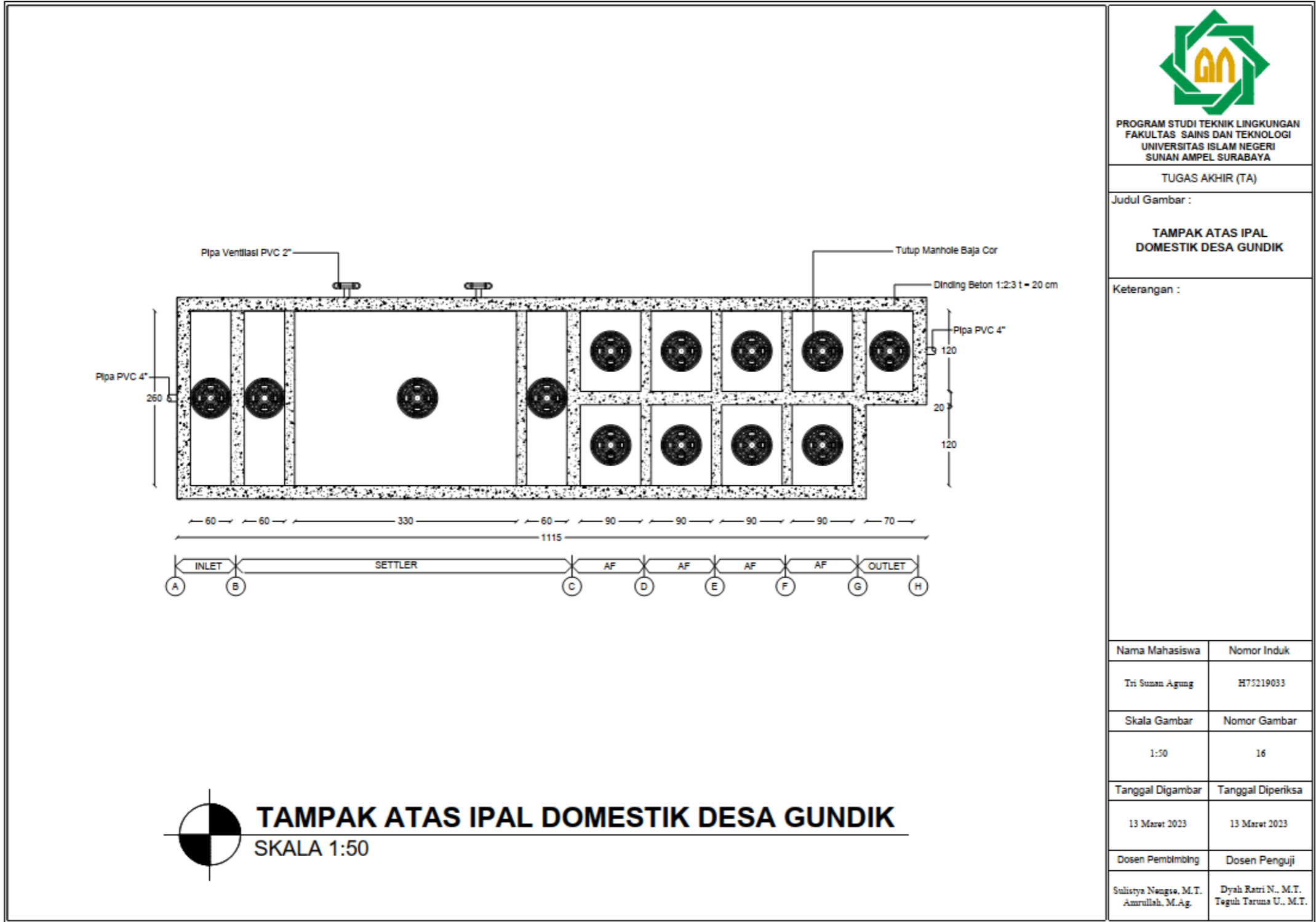
Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

5.1.4. Instalasi Pengolahan Air Limbah SPALD-T Gundik

Bangunan IPAL Domestik memiliki beberapa unit, yaitu: Bak Perata, Bak Pengendap, Anaerobik Filter (AF), dan Anaerobik Baffle Reactor (ABR) (DPUPKP Kabupaten Ponorogo, 2021).



Gambar 5. 4 Denah IPAL Domestik Desa Gundik



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN AMPEL SURABAYA

TUGAS AKHIR (TA)

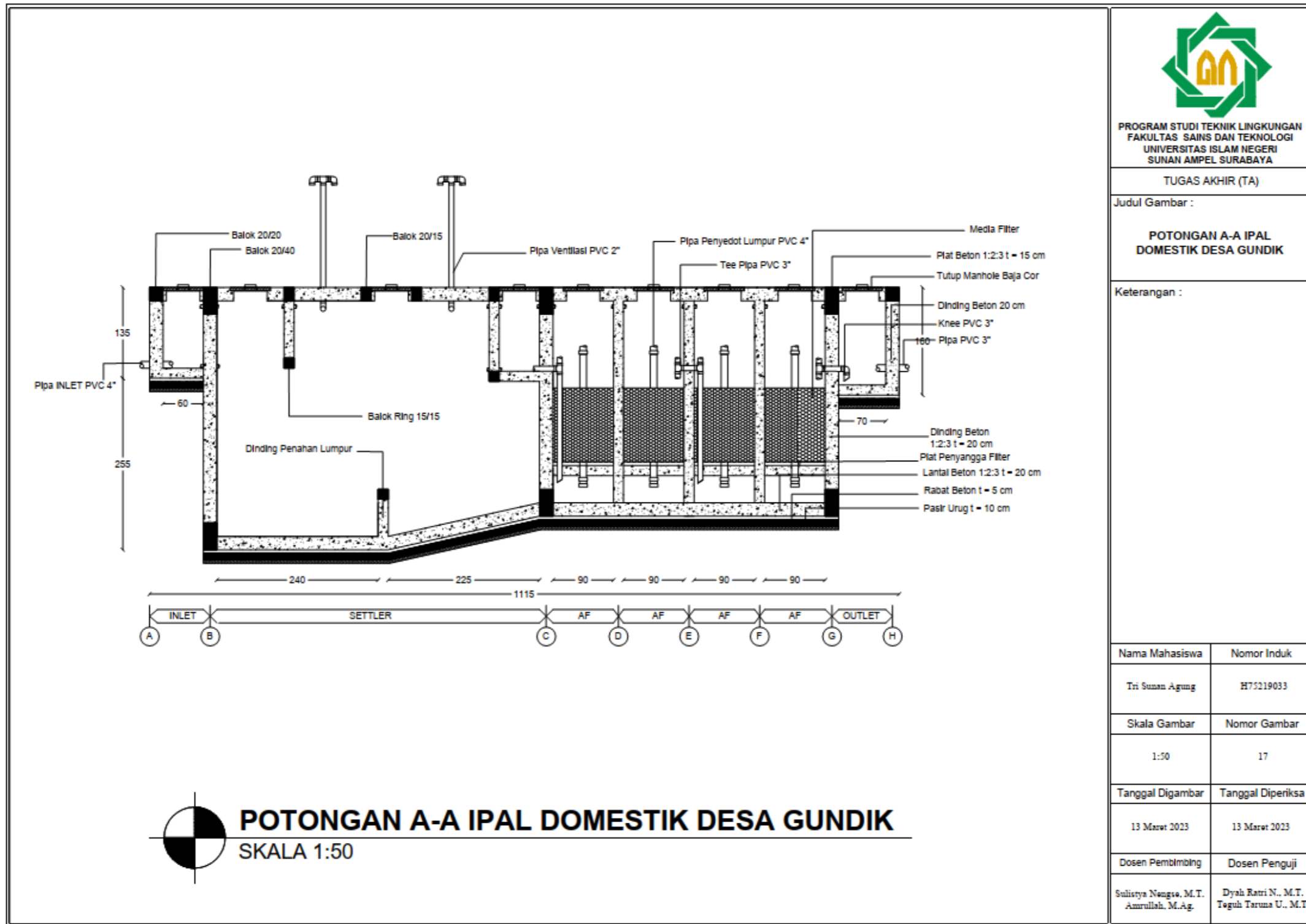
Judul Gambar :

**TAMPAK ATAS IPAL
DOMESTIK DESA GUNDIK**

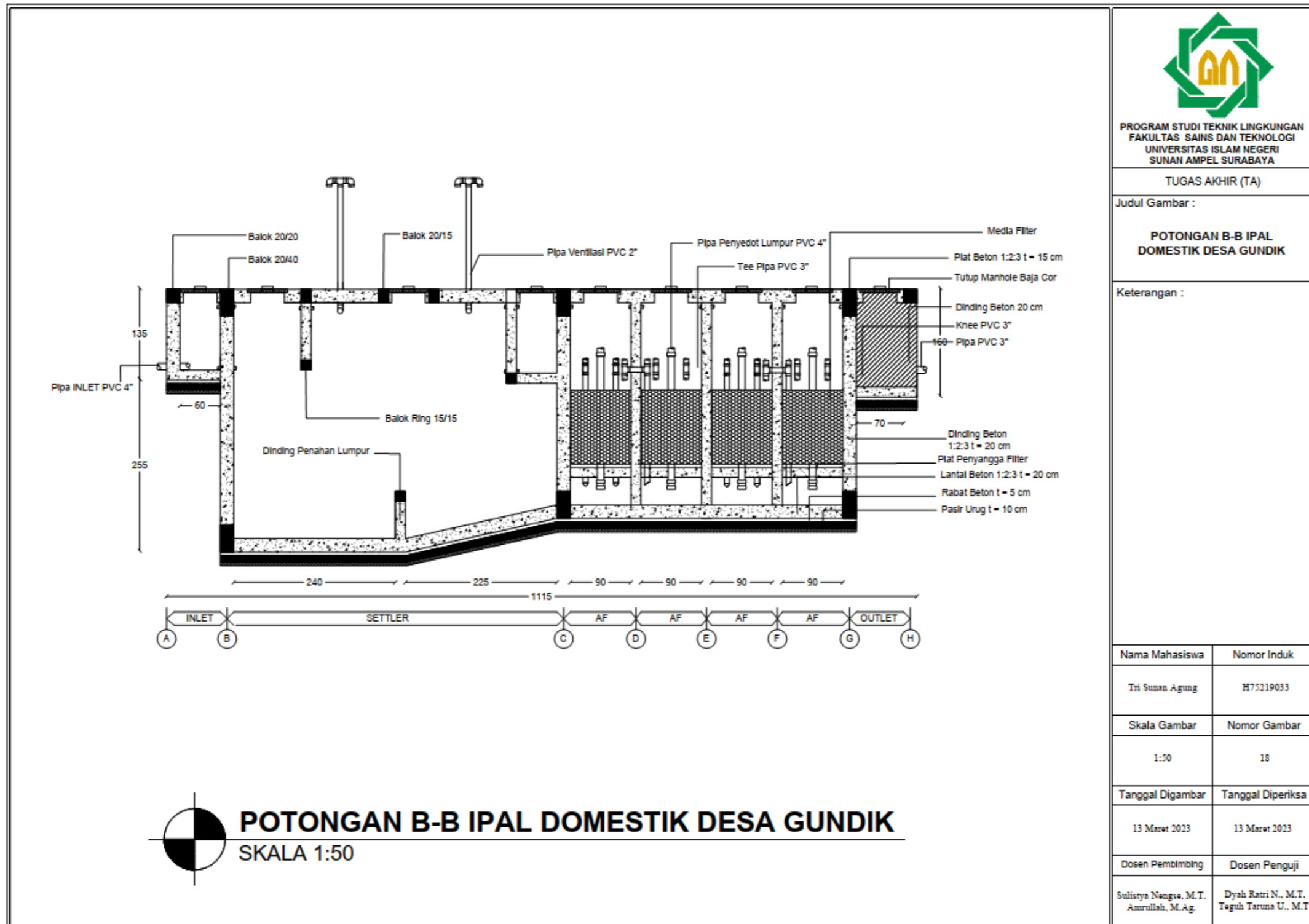
Keterangan :

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Tri Sunan Agung	H75219033
Skala Gambar	Nomor Gambar
1:50	16
Tanggal Digambar	Tanggal Diperiksa
13 Maret 2023	13 Maret 2023
Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
Sulistya Ningsa, M.T. Amrullah, M.Ag.	Dyah Ratri N., M.T. Teguh Taruna U., M.T.

Gambar 5. 5 Tampak Atas IPAL Domestik Desa Gundik



Gambar 5. 6 Potongan AA IPAL Domestik Desa Gundik



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN AMPEL SURABAYA

TUGAS AKHIR (TA)

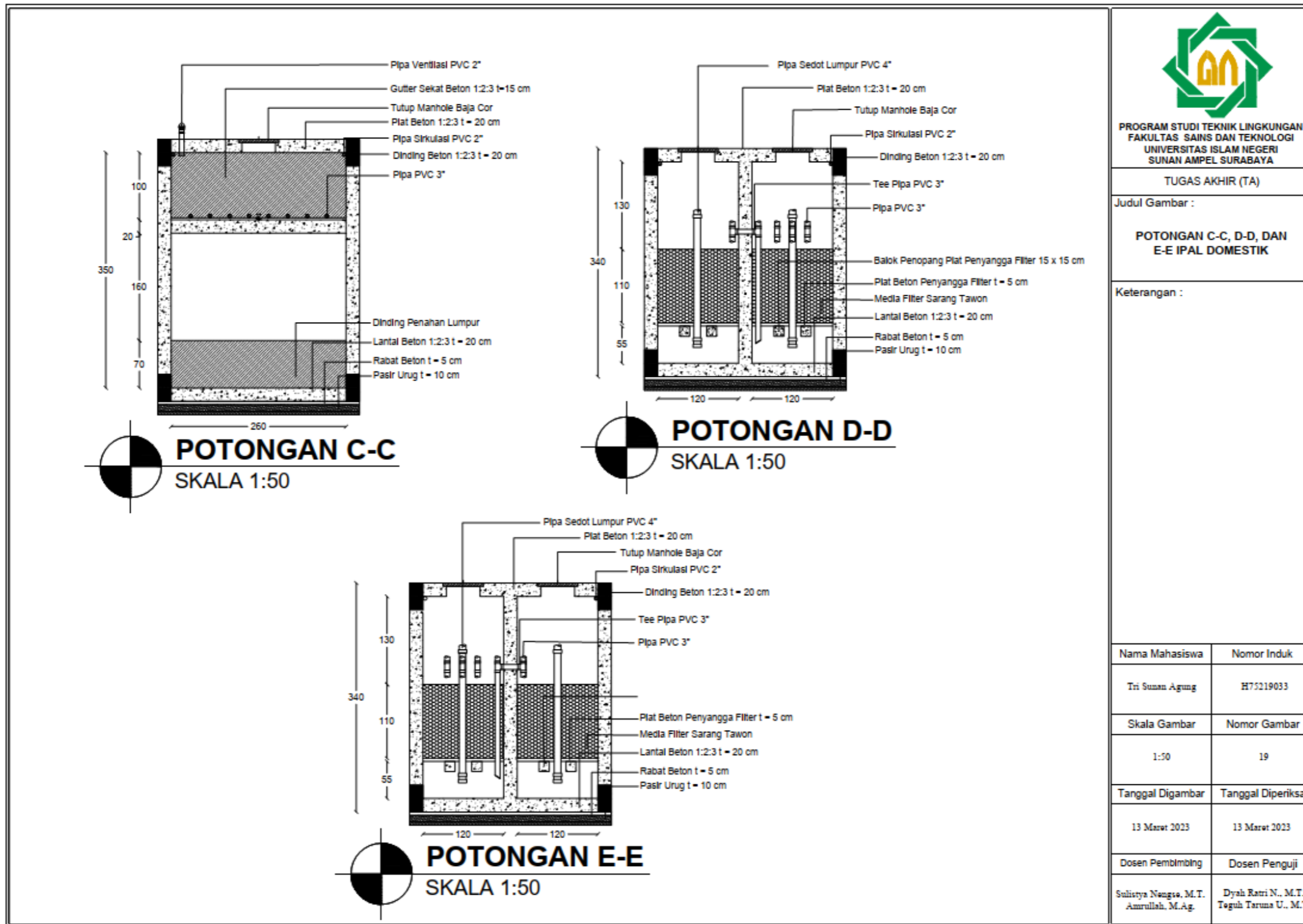
Judul Gambar :

**POTONGAN B-B IPAL
DOMESTIK DESA GUNDIK**

Keterangan :

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Tri Sunan Agung	H75219033
Skala Gambar	Nomor Gambar
1:50	18
Tanggal Digambar	Tanggal Diperiksa
13 Maret 2023	13 Maret 2023
Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
Sulistya Neungse, M.T. Amrullah, M.Ag.	Dyah Ratri N., M.T. Teguh Taruna U., M.T.

Gambar 5. 7 Potongan BB IPAL Domestik Desa Gundik



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
 SUNAN AMPEL SURABAYA

TUGAS AKHIR (TA)

Judul Gambar :
POTONGAN C-C, D-D, DAN E-E IPAL DOMESTIK

Keterangan :

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Tri Sunan Agung	H75219033
Skala Gambar	Nomor Gambar
1:50	19
Tanggal Digambar	Tanggal Diperiksa
13 Maret 2023	13 Maret 2023
Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
Sulistya Nengse, M.T. Amrullah, M.Ag.	Dyah Ratri N., M.T. Teguh Taruna U., M.T.

Gambar 5. 8 Potongan C, D, dan E IPAL Domestik Desa Gundik

A. Unit Bak Inlet

Berdasarkan hasil lapangan didapatkan ukuran dimensi dan perencanaan bak perata adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Detail Ukuran Bak Inlet

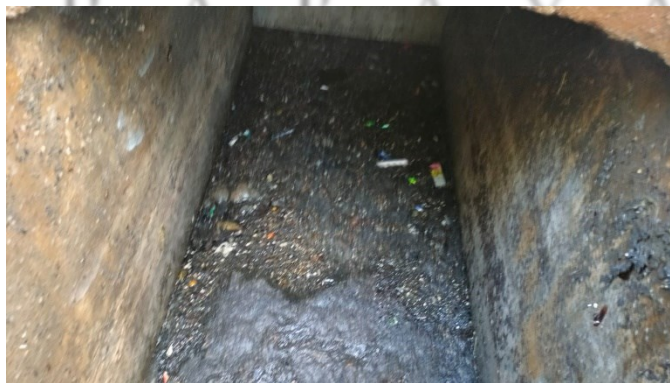
No.	Aspek	Data Hasil	Satuan
1.	<i>Time Detention</i> (Td)	0	menit
2.	Lebar (l)	2,60	meter
3.	Kedalaman Basah (h)	-	meter
4.	Ambang Batas (F)	0,50	meter
5.	Panjang Ruang (Pr1)	0,60	meter

Sumber: Dokumen DPUPKP (2021) dan Sampling Lapangan (2023)



Gambar 5. 9 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Inlet

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)



Gambar 5. 10 Kondisi Eksisting Bak Inlet

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

Hasil sampling didapatkan kondisi pipa inlet yang terendam didalam air limbah. Hal tersebut menimbulkan adanya genangan pada manhole-manhole sebelumnya. Manhole seharusnya bersih mengalir tanpa mengenang dan berpotensi untuk meluap ke jalanan.

B. Unit Bak Pengendap

Berdasarkan hasil lapangan didapatkan ukuran dimensi dan perencanaan bak pengendap/settler adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 4 Detail Ukuran Bak Pengendap

No.	Aspek	Data Hasil	Satuan
1.	<i>Time Detention</i> (Td)	12	jam
2.	Lebar (l)	2,10	meter
3.	Kedalaman Basah (h)	2,00	meter
4.	Ambang Batas (F)	0,50	meter
5.	Panjang Ruang (Pr1)	4,00	meter

Sumber: Dokumen DPUPKP (2021) dan Sampling Lapangan (2023)



Gambar 5. 11 *Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Pengendap*

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)



Gambar 5. 12 Kondisi Eksisting Bak Pengendap

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

Hasil sampling didapatkan kondisi eksisting bak pengendap telah baik jika dilihat dari atas dan permukaan air limbahnya. Berdasarkan hasil lapangan didapatkan ukuran dimensi dan perencanaan bak pengendap pada bagian lumpur air limbah adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 5 Detail Ukuran Bak Pengendap (Lumpur)

No.	Aspek	Data Hasil	Satuan
1.	Lebar (l)	2,10	meter
2.	Panjang Ruang	4,00	meter
3.	Kedalaman Basah (h)	1,67	meter

Sumber: Dokumen DPUPKP (2021) dan Sampling Lapangan (2023)

C. Unit Anaerobik Filter

Berdasarkan hasil lapangan didapatkan ukuran dimensi dan perencanaan anaerobik filter adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 6 Detail Ukuran Anaerobik Filter

No.	Aspek	Data Hasil	Satuan
1.	Time Detention (Td)	12	jam
2.	Lebar (l)	2,10	meter
3.	Kedalaman Basah (h)	2,00	meter
4.	Ambang Batas (F)	0,50	meter

No.	Aspek	Data Hasil	Satuan
5.	Panjang Ruang (Pr1)	4,00	meter
6.	Panjang Tiap Ruang AF	0,80	meter

Sumber: Dokumen DPUPKP (2021) dan Sampling Lapangan (2023)



Gambar 5. 13 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Anaerobik Filter

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)



Gambar 5. 14 Kondisi Eksisting Bak Anaerobik Filter

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

Hasil lapangan ditemukan bahwa kondisi eksisting di bak anaerobik filter macet dalam mengolahnya. Hal tersebut dapat terjadi disebabkan permukaan air limbah berada jauh dibawah ketinggian pipa yang menuju bak atau unit pengolahan selanjutnya. Ketidakcocokan tersebut dapat menimbulkan kurangnya efektifitas pengolahan air limbah domestik.

D. Unit Bak Outlet

Berdasarkan hasil lapangan didapatkan ukuran dimensi dan perencanaan bak outlet adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 7 Detail Ukuran Bak Outlet

No.	Aspek	Data Hasil	Satuan
1.	<i>Time Detention</i> (Td)	0	jam
2.	Lebar (l)	0,70	meter
3.	Kedalaman Basah (h)	1,20	meter
5.	Panjang Ruang (Pr1)	1,20	meter

Sumber: Dokumen DPUPKP (2021) dan Sampling Lapangan (2023)



Gambar 5. 15 Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran di Bak Outlet

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)



Gambar 5. 16 Kondisi Eksisting Bak Outlet

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

5.2. Evaluasi SPALD-T Gundik

Pada penelitian ini dilakukan beberapa aspek evaluasi SPALD-T, antara lain: evaluasi teknis, evaluasi operasional, dan evaluasi kelembagaan. Adapun detail pada setiap aspek evaluasi adalah sebagai berikut:

5.2.1. Evaluasi Teknis

A. Evaluasi Teknis Sub-bab Pelayanan

Sub-bab pelayanan merupakan kategori yang mencakup dari sumber air limbah disetiap sambungan rumah (SR) seperti wastafel, selokan kamar mandi, dan toilet. Evaluasi teknis pada sub-bab pelayanan terbagi atas beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

a. Pipa Tinja

Pipa tinja merupakan saluran perpipaan yang bersumber dari toilet atau WC di setiap sambungan rumah. Adapun hasil evaluasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 8 Hasil Evaluasi Pipa Tinja Pelayanan

EVALUASI PIPA TINJA PELAYANAN			
Kriteria Desain	Nilai	Hasil Lapangan	Keterangan
Diameter Pipa	>100 mm	100 mm	✓
Bahan Pipa	PVC/Semen	PVC	✓
Kemiringan	>2%	2%	✓
✓ = sesuai kriteria/nilai hitung		✗ = tidak sesuai kriteria/nilai hitung	

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan bahwa, diameter pipa, bahan pipa, dan kemiringan pipa tinja telah sesuai dengan ketentuan PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 dan Buku A SPALD-T.

b. Pipa Non-Tinja

Pipa non-tinja merupakan saluran perpipaan yang bersumber dari wastafel, saluran pembuangan, wadah cuci piring dan lainnya, kecuali toilet di setiap sambungan rumah. Adapun hasil evaluasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 9 Hasil Evaluasi Pipa Non-Tinja

EVALUASI PIPA NON-TINJA PELAYANAN			
Kriteria Desain	Nilai	Hasil Lapangan	Keterangan
Diameter Pipa	>100 mm	100 mm	✓
Bahan Pipa	PVC/Semen	PVC	✓
Kemiringan	>2%	2%	✓
✓ = sesuai kriteria/nilai hitung		✗ = tidak sesuai kriteria/nilai hitung	

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan bahwa, diameter pipa, bahan pipa, dan kemiringan pipa tinja telah sesuai dengan ketentuan PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 dan Buku A SPALD-T.

c. Bak Penangkap Lemak

Bak penangkap merupakan wadah khusus untuk disetiap saluran air limbah yang berkemungkinan mengandung lemak, seperti: pipa pembuangan kamar mandi dan wastafel dapur. Adapun hasil evaluasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 10 Hasil Evaluasi Bak Penangkap Lemak

EVALUASI BAK PENANGKAP LEMAK			
Kriteria Desain	Nilai	Hasil Lapangan	Keterangan
Diameter Pipa Inlet	>50 mm	75 mm	✓
Diameter Pipa Outlet	>50 mm	75 mm	✓
Bahan Pipa	PVC/Semen	PVC	✓
Diameter Bak Pengendap	40-60	40	✓
Bahan Bak Pengendap	Beton	Beton	✓
✓ = sesuai kriteria/nilai hitung		✗ = tidak sesuai kriteria/nilai hitung	

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan bahwa, diameter pipa inlet, diameter pipa outlet, bahan pipa, diameter bak pengendap, dan bahan bak pengendap telah sesuai dengan ketentuan PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 dan Buku A SPALD-T.

d. Pipa Persil

Pipa persil merupakan saluran perpipaan umum yang terletak di dalam rumah dan langsung menerima air limbah di setiap sambungan rumah. Adapun hasil evaluasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 11 Hasil Evaluasi Pipa Persil

EVALUASI PIPA PERSIL			
Kriteria Desain	Nilai	Hasil Lapangan	Keterangan
Diamater Pipa	100-150 mm	75 mm	X
Bahan Pipa	PVC/Semen	PVC	V
Kemiringan	>2%	2%	V
Kecepatan	0,6 m/detik	>2,4946 m/detik	V
V = sesuai kriteria/nilai hitung		X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung	

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan bahwa, bahan pipa, kemiringan, dan kecepatan telah sesuai dengan ketentuan PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 dan Buku A SPALD-T. Akan tetapi untuk diameter pipa tidak sesuai yang seharusnya 100-150 mm, namun pada hasil lapangan adalah 75 mm saja. PerMen No. 4 Tahun 2017 menyatakan bahwa, diameter pipa minimal berukuran 100 mm disebabkan mengangkut padatan (tinja) dan menghindarkan pipa dari kemacetan atau tersumbat.

e. Bak Kontrol

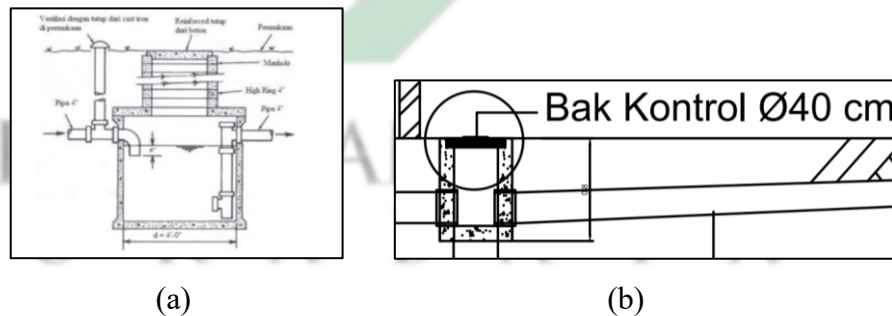
Bak Kontrol merupakan ruanagan yang berfungsi untuk mengontrol keluarnya air limbah dari dapur, kamar mandi, ataupun toilet di setiap sambungan rumah. Adapun hasil evaluasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 12 Hasil Evaluasi Bak Kontrol

EVALUASI BAK KONTROL			
Kriteria Desain	Nilai	Hasil Lapangan	Keterangan
Luas Permukaan Bak	50x50 cm ²	40x40 cm ²	X
Kedalaman Bak (Dalam)	40-60 cm	64 cm	X
Gambar Teknik	-	-	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung			

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan bahwa, luas permukaan, kedalam, dan gambar teknik bak kontrol belum sesuai dengan ketentuan PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 dan Buku A SPALD-T. Luas Permukaan bak seharusnya 50x50 cm², hal tersebut didesain supaya memudahkan seseorang atau teknisi dalam melakukan pengecekan. Sedangkan kedalam bak berkisar antara 40-60 cm didesain untuk tidak terlalu dalam maupun terlalu dangkal. Selain itu rekomendasi desain bak kontrol dari PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 belum diterapkan dalam SPALD-T Desa Gundik ini.



Gambar 5. 17 (a) Bak Kontrol Sesuai Peraturan; (b) Bak Kontrol SPALD-T Gundik

Sumber: PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 dan Gambar Lapangan



Gambar 5. 18 Kondisi Bak Kontrol Dengan Padatan Didalamnya
 Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

B. Evaluasi Teknis Sub-bab Pengumpulan

Sub-bab pengumpul merupakan kategori yang mencakup jalur perpipaan dari sambungan rumah (SR) hingga instalasi pengolahan air limbah Domestik (IPALD). Evaluasi teknis pada sub-bab pengumpulan dapat dilihat dari komparasi hasil sampling dan pemetaan, dengan rincian perhitungan sub-bab pengumpulan air limbah terbagi 2, yaitu:

A. *Self Cleaning Velocity*

Berikut merupakan perhitungan *self cleaning velocity*:

Contoh perhitungan berdasarkan tabel “perhitungan *self cleaning velocity*” di lampiran 2.

1. Nomor Pipa

Nomor pipa merupakan bagian jalur yang pipa memanjang yang menyambungkan antar manhole.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

2. Manhole Dari

Manhole dari merupakan manhole awal pada jalur tertentu dalam suatu perencanaan.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Maka, Manhole Dari adalah “MH A”

3. Manhole Ke

Manhole ke merupakan manhole akhir pada jalur tertentu dalam suatu perencanaan.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Maka, Manhole Ke adalah “MH B”

4. Jenis Pipa

Jenis pipa yang direncanakan dan direkomendasikan adalah jenis lateral.

5. L Pipa (m)

Panjang pipa merupakan jarak (m) antar manhole.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut, panjang pipa adalah 16,00 meter.

6. Q Total (l/detik)

Q total didapatkan dari hasil akhir pada perhitungan timbulan air limbah.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut, Q total adalah sepanjang 0,0316 l/detik.

7. Q Total (m³/detik)

Q air buangan total didapatkan dengan pengubahan satuan Q total dari l/detik menjadi m³/detik.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole A1 → Manhole A2

$Q_{total} = 0,0316 \text{ liter/detik}$

$Q_{total} = 0,00003 \text{ m}^3/\text{detik}$

8. d/D

d/D merupakan diameter parsial, yaitu persentase 60% maksimal dari diameter pipa full. Oleh karena itu penulis merencanakan d/D adalah 0,6.

9. Q_p/Q_f

Q puncak per Q full didapatkan berdasarkan referensi, yaitu 0,6178.

10. Q Full ($m^3/detik$)

Q full didapatkan perkalian antara Q total dan Q_p/Q_f .

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q \text{ full} = Q \text{ total} \div Q_p/Q_f$$

$$Q \text{ full} = 0,00003m^3/detik \div 0,6178$$

$$Q \text{ full} = 0,0001 m^3/detik$$

11. n

Koefisien kekasaran pipa berdasarkan referensi didapatkan pipa PVC adalah sebesar 0,0150.

12. Slope (m/m)

Slope didapatkan berdasarkan tabel perhitungan tinggi galian di **lampiran 2.**

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut, slope adalah 0,006

13. D Pipa (m)

D pipa didapatkan dari persamaan berikut :

$$D \text{ pipa} = \left(\frac{Q \text{ Full} \times n}{0,3117 \times \sqrt{\text{slope}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$D \text{ pipa} = \left(\frac{0,00003 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,0150}{0,3117 \times \sqrt{0,006}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D \text{ pipa} = 0,0206 \text{ meter}$$

14. D Pipa Dipilih (m)

Diameter pipa dipilih berdasarkan ukuran yang ada di pasaran, seperti: 100 mm, 200 mm, 315 mm, 400 mm, dan 500 mm.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut, diameter pipa dipilih adalah 0,100 meter.

15. Kontrol Aliran (mm)

Kontrol aliran merupakan diameter pipa dipilih yang diubah satuannya dari meter menjadi milimeter.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut, diameter pipa dipilih adalah 100 mm.

16. Q Full Diameter (m³/detik)

Q full diameter didapatkan dari persamaan berikut :

$$Q \text{ full } D = 0,3117 \times \left(\frac{D \text{ pipa dipilih}^{\frac{8}{3}}}{n} \right) \times \sqrt{\text{slope}}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q \text{ full } D = 0,3117 \times \left(\frac{0,100^{\frac{8}{3}}}{0,0150} \right) \times \sqrt{0,006}$$

$$Q \text{ full } D = 0,0035 \text{ m}^3/\text{detik}$$

17. Luas Penampang (A)

Luas penampang didapatkan dari persamaan berikut :

$$A = \pi \times \frac{1}{4} \times (D \text{ pipa dipilih})^2$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$A = \pi \times \frac{1}{4} \times (0,100 \text{ m})^2$$

$$A = 0,0079 \text{ m}^2$$

18. V Full (m/detik)

Volume full didapatkan dari persamaan berikut :

$$V \text{ full} = Q \text{ full diameter} \times A$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$V \text{ full} = 0,0035 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,0079 \text{ m}^2$$

$$V \text{ full} = 0,4412 \text{ m/detik}$$

19. Qp/Qf

Qp/Qf didapatkan dari persamaan berikut :

$$Q_p/Q_f = \frac{Q \text{ full diameter}}{Q \text{ total}}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$Q_p/Q_f = \frac{0,0035 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,00003 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$Q_p/Q_f = 0,0091 \text{ m}^3/\text{detik}$$

20. d/D

d/D didapatkan dari persamaan berikut :

$$d/D = \frac{D \text{ pipa}}{D \text{ pipa dipilih}}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$d/D = \frac{0,0206 \text{ m}}{0,100 \text{ m}}$$

$$d/D = 0,2058$$

21. V_p/V_f

V_p/V_f didapatkan berdasarkan referensi pada **tabel di bab 2**.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut memiliki d/D adalah 0,2058, sehingga V_p/V_f adalah 0,6151.

22. V_p (m/detik)

V_p didapatkan dari persamaan berikut :

$$V_p = V_{full} \times V_p/V_f$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$V_p = 0,4412 \text{ m/detik} \times 0,6151$$

$$V_p = 0,2714 \text{ m/detik}$$

23. Keterangan

Keterangan merupakan sub tambahan untuk menjelaskan keperluan lain dalam perhitungan *self cleaning velocity*. Adapun keterangan yang digunakan adalah :

Digelontorkan = Jika $V_p < 0,6$ m/detik

Kosong = Jika $V_p > 0,6$ m/detik

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut, keterangannya adalah digelontorkan.

B. Tinggi Galian

Berikut merupakan perhitungan tinggi galian pipa.

Contoh perhitungan berdasarkan tabel “perhitungan self cleaning velocity” di lampiran 2.

1. Nomor Pipa

Nomor pipa merupakan bagian jalur yang pipa memanjang yang menyambungkan antar manhole.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

2. Manhole Dari

Manhole dari merupakan manhole awal pada jalur tertentu dalam suatu perencanaan.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Maka, Manhole Dari adalah “MH A”

3. Manhole Ke

Manhole ke merupakan manhole akhir pada jalur tertentu dalam suatu perencanaan.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Maka, Manhole Ke adalah “MH B”

4. Diameter Pipa

Diameter pipa didapatkan berdasarkan tabel perhitungan *self cleaning velocity*.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Memiliki diameter pipa 100 mm.

5. L Pipa (m)

Panjang pipa merupakan jarak (m) antar manhole.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Pada nomor pipa tersebut, panjang pipa adalah sepanjang 16,00 meter.

6. V (m/detik)

Kecepatan Aliran didapatkan berdasarkan tabel perhitungan *self cleaning velocity*.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Memiliki kecepatan aliran 0,2714 m/detik.

7. Elevasi Tanah Awal

Elevasi tanah awal didapatkan dari perbandingan pada gambar SPALD-T.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Memiliki elevasi tanah awal 116 MDPL.

8. Elevasi Tanah Akhir

Elevasi tanah akhir didapatkan dari perbandingan pada gambar SPALD-T.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Memiliki elevasi tanah akhir 116 MDPL.

9. Slope Tanah

Slope didapatkan dari persamaan berikut :

$$\text{Slope} = \frac{\text{Elevasi tanah awal} - \text{Elevasi tanah akhir}}{\text{Panjang pipa}}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$\text{Slope} = \frac{116 \text{ MDPL} - 116 \text{ MDPL}}{16,00 \text{ meter}}$$

$$\text{Slope} = 0,000 \text{ m/m}$$

10. Elevasi Pipa Awal

Jika manhole berjenis drop atau mengalami pemompaan, maka elevasi pipa awal didapatkan dari persamaan berikut :

$$\text{Elevasi pipa awal} = \text{Elevasi tanah awal} - 0,7 \text{ meter}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

$$\text{Elevasi pipa awal} = 116 \text{ MDPL} - 0,6 \text{ meter}$$

$$\text{Elevasi pipa awal} = 115,40 \text{ MDPL}$$

Akan tetapi, jika manhole tidak jenis drop atau mengalami pemompaan, maka elevasi pipa awal adalah elevasi pipa akhir pada jalur sebelumnya.

Contoh :

No. Pipa 2 = Manhole MH B → Manhole MH C

Memiliki elevasi tanah awal = elevasi tanah akhir no. pipa sebelumnya, yaitu 115,30 MDPL.

11. Slope

Slope yang direncanakan memiliki 2 jenis yaitu :

0,006 = Jika slope tanah kurang dari 0,006

+0,006 = Jika slope tanah lebih dari 0,006, sehingga menggunakan ketetapan slope tanah

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Menggunakan slope sebesar 0,006

Kemiringan saluran air limbah yang datar mendorong terbentuknya pengendapan padatan-padatan dan menghasilkan gas hidrogen sulfida dan gas metan. Gas hidrogen sulfida yang berbau

menyebabkan korosi yang serius pada pipa, sedangkan gas mean menyebabkan terjadinya ledakan. Banyak yang menguraikan adanya slope minimum untuk saluran air buangan. Slope minimum tersebut harus berada pada kecepatan minimum sebesar 0,6 m/s yang dicapai pada kecepatan penuh.

12. ΔH (m)

Perbedaan tinggi didapatkan dari persamaan berikut :

$$\Delta H = L \text{ pipa} \times \text{slope}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A \rightarrow Manhole MH B

$$\Delta H = 16,00 \text{ m} \times 0,006$$

$$\Delta H = 0,0960 \text{ m}$$

13. Elevasi Pipa Akhir

Elevasi pipa akhir didapatkan dari persamaan berikut :

$$\text{Elevasi pipa akhir} = \text{Elevasi pipa awal} - \Delta H$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A \rightarrow Manhole MH B

$$\text{Elevasi pipa akhir} = 116,00 \text{ MDPL} - 0,096 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi pipa akhir} = 115,30 \text{ MDPL}$$

14. Tinggi Galian

Tinggi galian didapatkan dari persamaan berikut :

$$\text{Tinggi galian} = \text{Elevasi tanah akhir} - \text{Elevasi pipa akhir}$$

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A \rightarrow Manhole MH B

$$\text{Tinggi galian} = 116 \text{ MDPL} - 115,30 \text{ MDPL}$$

$$\text{Tinggi galian} = 0,70 \text{ meter}$$

15. Tipe Manhole

Adapun tipe manhole terbagi atas beberapa jenis berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No. 4 Tahun 2017 antara lain Junction Chamber dan Pumping Manhole.

Contoh :

No. Pipa 1 = Manhole MH A → Manhole MH B

Memiliki tipe manhole berbentuk junction chamber.

Berdasarkan hasil perhitungan *self cleaning velocity* dan tinggi galian pipa. Evaluasi sub-bab pengumpulan terdiri dari evaluasi diameter pipa, slope pipa, dan tinggi galian pipa. Adapun didapatkan evaluasi disetiap aspek adalah sebagai berikut:

a. Diameter pipa

Evaluasi diameter pipa air limbah didapatkan dari perbandingan kondisi lapangan dengan perhitungan yang sesuai dengan kriteria perencanaan. Adapun evaluasi diameter pipa terdapat pada tabel berikut:

Tabel 5. 13 Hasil Evaluasi Diameter Pipa Sub Pengumpulan

EVALUASI DIAMETER PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Pipa Terpasang (mm)	Pipa Perhitungan (mm)	Keterangan
MH A	MH B	S 7°58'31,29564" E 111°26'7,26576"	150	100	X
MH B	MH C	S 7°58'31,78812" E 111°26'7,06488"	150	100	X
MH C	MH D	S 7°58'32,16108" E 111°26'6,8622"	150	100	X
MH D	MH E	S 7°58'32,3364" E 111°26'7,62108"	150	100	X
MH E	MH F	S 7°58'32,26584" E 111°26'8,6856"	150	100	X
MH F	MH G	S 7°58'32,31264" E 111°26'9,1284"	150	100	X
MH G	MH H	S 7°58'32,27376" E 111°26'9,56868"	150	100	X
MH H	MH J	S 7°58'32,35044" E 111°26'10,35168"	150	100	X

EVALUASI DIAMETER PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Pipa Terpasang (mm)	Pipa Perhitungan (mm)	Keterangan
MH I	MH H	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	150	100	X
MH J	MH K	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	150	100	X
MH K	MH L	S 7°58'32,62548" E 111°26'12,15132"	150	100	X
MH L	MH M	S 7°58'32,61648" E 111°26'12,32088"	150	100	X
MH M	MH O	S 7°58'32,68848" E 111°26'13,07544"	150	100	X
MH N	MH M	S 7°58'31,9926" E 111°26'12,94008"	150	100	X
MH O	MH P	S 7°58'33,02472" E 111°26'14,19036"	150	100	X
MH P	MH Q	S 7°58'33,04488" E 111°26'14,58348"	150	100	X
MH Q	MH R	S 7°58'33,15" E 111°26'14,79912"	150	100	X
MH R	MH S	S 7°58'33,30264" E 111°26'15,25668"	150	100	X
MH S	MH T	S 7°58'33,22524" E 111°26'15,84708"	150	100	X
MH T	MH 34	S 7°58'33,31164" E 111°26'16,12356"	150	100	X
MH 1	MH 2	S 7°58'36,94368" E 111°26'6,4104"	150	100	X
MH 2	MH 3	S 7°58'36,33384" E 111°26'6,3996"	150	100	X
MH 3	MH 4	S 7°58'35,57892" E 111°26'6,5526"	150	100	X
MH 4	MH 5	S 7°58'35,18148" E 111°26'6,61164"	150	100	X
MH 5	MH 6	S 7°58'34,34808" E 111°26'6,59076"	150	100	X
MH 6	MH 7	S 7°58'34,23504" E 111°26'6,52704"	150	100	X
MH 7	MH 8	S 7°58'33,20544" E 111°26'6,69588"	150	100	X
MH 8	MH 9	S 7°58'32,56212" E 111°26'6,78372"	150	100	X
MH 9	MH 10	S 7°58'32,5074" E 111°26'7,81008"	150	100	X
MH 10	MH 11	S 7°58'31,96992" E 111°26'8,79828"	150	100	X
MH 11	MH 12	S 7°58'32,07144" E 111°26'8,97432"	150	100	X

EVALUASI DIAMETER PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Pipa Terpasang (mm)	Pipa Perhitungan (mm)	Keterangan
MH 12	MH 13	S 7°58'32,58228" E 111°26'9,56832"	150	100	X
MH 13	MH 16	S 7°58'32,5668" E 111°26'10,1508"	150	100	X
MH 14	MH 13	S 7°58'32,98296" E 111°26'10,11264"	150	100	X
MH 15	MH 14	S 7°58'33,83688" E 111°26'9,75948"	150	100	X
MH 16	MH 17	S 7°58'32,484" E 111°26'10,70376"	150	100	X
MH 17	MH 18	S 7°58'32,7144" E 111°26'11,112"	150	100	X
MH 18	MH 19	S 7°58'32,46456" E 111°26'11,30892"	150	100	X
MH 19	MH 20	S 7°58'32,51892" E 111°26'12,30972"	150	100	X
MH 20	MH 21	S 7°58'32,96316" E 111°26'12,95016"	150	100	X
MH 21	MH 22	S 7°58'33,21732" E 111°26'13,56648"	150	100	X
MH 22	MH 23	S 7°58'33,04776" E 111°26'13,7076"	150	100	X
MH 23	MH 30	S 7°58'33,14424" E 111°26'14,37216"	150	100	X
MH 24	MH 23	S 7°58'33,94452" E 111°26'13,9812"	150	100	X
MH 25	MH 24	S 7°58'34,34556" E 111°26'14,07768"	150	100	X
MH 26	MH 25	S 7°58'34,70556" E 111°26'13,79364"	150	100	X
MH 27	MH 26	S 7°58'35,15088" E 111°26'13,41384"	150	100	X
MH 28	MH 27	S 7°58'35,83056" E 111°26'13,1226"	150	100	X
MH 29	MH 28	S 7°58'36,26832" E 111°26'13,24608"	150	100	X
MH 30	MH 31	S 7°58'33,21372" E 111°26'15,07308"	150	100	X
MH 31	MH 32	S 7°58'33,3408" E 111°26'15,3852"	150	100	X
MH 32	MH 34	S 7°58'33,45204" E 111°26'16,34604"	150	100	X
MH 33	MH 32	S 7°58'33,62952" E 111°26'16,36008"	150	100	X
MH 34	MH 35	S 7°58'33,4344" E 111°26'16,7946"	150	100	X

EVALUASI DIAMETER PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Pipa Terpasang (mm)	Pipa Perhitungan (mm)	Keterangan
MH 35	MH 36	S 7°58'33,83976" E 111°26'17,52144"	150	100	X
MH 36	MH 37	S 7°58'33,7044" E 111°26'18,01932"	150	100	X
MH 37	IPAL	S 7°58'33,79476" E 111°26'18,75732"	150	100	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung			X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung		

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi, pipa terpasang memiliki diameter lebih besar daripada seharusnya, yaitu 150 mm berbanding 100 mm. hal tersebut dapat menimbulkan rongga udara terlalu bsar dan dapat mempengaruhi kecepatan air limbah. Disisi lain, jika dipasang pipa air limbah tidak sesuai dengan diameter seharusnya, maka biaya pemasangan lebih tinggi.

b. Slope pipa

Evaluasi slope pipa air limbah didapatkan dari perbandingan kondisi lapangan dengan perhitungan yang sesuai dengan kriteria perencanaan. Adapun evaluasi slope pipa terdapat pada tabel berikut:

Tabel 5. 14 Hasil Evaluasi Slope Pipa Sub Pengumpulan

EVALUASI SLOPE PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Slope Terpasang (mm)	Slope Perhitungan (mm)	Keterangan
MH A	MH B	S 7°58'31,29564" E 111°26'7,26576"	0,004	0,0060	X
MH B	MH C	S 7°58'31,78812" E 111°26'7,06488"	0,004	0,0060	X
MH C	MH D	S 7°58'32,16108" E 111°26'6,8622"	0,004	0,0417	X
MH D	MH E	S 7°58'32,3364" E 111°26'7,62108"	0,004	0,0060	X
MH E	MH F	S 7°58'32,26584" E 111°26'8,6856"	0,004	0,0060	X
MH F	MH G	S 7°58'32,31264" E 111°26'9,1284"	0,004	0,0060	X

EVALUASI SLOPE PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Slope Terpasang (mm)	Slope Perhitungan (mm)	Keterangan
MH G	MH H	S 7°58'32,27376" E 111°26'9,56868"	0,004	0,0060	X
MH H	MH J	S 7°58'32,35044" E 111°26'10,35168"	0,004	0,0060	X
MH I	MH H	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	0,004	0,0060	X
MH J	MH K	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	0,004	0,0060	X
MH K	MH L	S 7°58'32,62548" E 111°26'12,15132"	0,004	0,0060	X
MH L	MH M	S 7°58'32,61648" E 111°26'12,32088"	0,004	0,0060	X
MH M	MH O	S 7°58'32,68848" E 111°26'13,07544"	0,004	0,0060	X
MH N	MH M	S 7°58'31,9926" E 111°26'12,94008"	0,004	0,0060	X
MH O	MH P	S 7°58'33,02472" E 111°26'14,19036"	0,004	0,0060	X
MH P	MH Q	S 7°58'33,04488" E 111°26'14,58348"	0,004	0,0060	X
MH Q	MH R	S 7°58'33,15" E 111°26'14,79912"	0,004	0,0060	X
MH R	MH S	S 7°58'33,30264" E 111°26'15,25668"	0,004	0,0357	X
MH S	MH T	S 7°58'33,22524" E 111°26'15,84708"	0,004	0,0060	X
MH T	MH 34	S 7°58'33,31164" E 111°26'16,12356"	0,004	0,0060	X
MH 1	MH 2	S 7°58'36,94368" E 111°26'6,4104"	0,004	0,0060	X
MH 2	MH 3	S 7°58'36,33384" E 111°26'6,3996"	0,004	0,0060	X
MH 3	MH 4	S 7°58'35,57892" E 111°26'6,5526"	0,004	0,0060	X
MH 4	MH 5	S 7°58'35,18148" E 111°26'6,61164"	0,004	0,0060	X
MH 5	MH 6	S 7°58'34,34808" E 111°26'6,59076"	0,004	0,0060	X
MH 6	MH 7	S 7°58'34,23504" E 111°26'6,52704"	0,004	0,0060	X
MH 7	MH 8	S 7°58'33,20544" E 111°26'6,69588"	0,004	0,0060	X
MH 8	MH 9	S 7°58'32,56212" E 111°26'6,78372"	0,004	0,0357	X
MH 9	MH 10	S 7°58'32,5074" E 111°26'7,81008"	0,004	0,0060	X

EVALUASI SLOPE PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Slope Terpasang (mm)	Slope Perhitungan (mm)	Keterangan
MH 10	MH 11	S 7°58'31,96992" E 111°26'8,79828"	0,004	0,0060	X
MH 11	MH 12	S 7°58'32,07144" E 111°26'8,97432"	0,004	0,0060	X
MH 12	MH 13	S 7°58'32,58228" E 111°26'9,56832"	0,004	0,0060	X
MH 13	MH 16	S 7°58'32,5668" E 111°26'10,1508"	0,004	0,0060	X
MH 14	MH 13	S 7°58'32,98296" E 111°26'10,11264"	0,004	0,0060	X
MH 15	MH 14	S 7°58'33,83688" E 111°26'9,75948"	0,004	0,0060	X
MH 16	MH 17	S 7°58'32,484" E 111°26'10,70376"	0,004	0,0060	X
MH 17	MH 18	S 7°58'32,7144" E 111°26'11,112"	0,004	0,0060	X
MH 18	MH 19	S 7°58'32,46456" E 111°26'11,30892"	0,004	0,0060	X
MH 19	MH 20	S 7°58'32,51892" E 111°26'12,30972"	0,004	0,0060	X
MH 20	MH 21	S 7°58'32,96316" E 111°26'12,95016"	0,004	0,0060	X
MH 21	MH 22	S 7°58'33,21732" E 111°26'13,56648"	0,004	0,0060	X
MH 22	MH 23	S 7°58'33,04776" E 111°26'13,7076"	0,004	0,0060	X
MH 23	MH 30	S 7°58'33,14424" E 111°26'14,37216"	0,004	0,0060	X
MH 24	MH 23	S 7°58'33,94452" E 111°26'13,9812"	0,004	0,0060	X
MH 25	MH 24	S 7°58'34,34556" E 111°26'14,07768"	0,004	0,0060	X
MH 26	MH 25	S 7°58'34,70556" E 111°26'13,79364"	0,004	0,0060	X
MH 27	MH 26	S 7°58'35,15088" E 111°26'13,41384"	0,004	0,0060	X
MH 28	MH 27	S 7°58'35,83056" E 111°26'13,1226"	0,004	0,0060	X
MH 29	MH 28	S 7°58'36,26832" E 111°26'13,24608"	0,004	0,0060	X
MH 30	MH 31	S 7°58'33,21372" E 111°26'15,07308"	0,004	0,0500	X
MH 31	MH 32	S 7°58'33,3408" E 111°26'15,3852"	0,004	0,0060	X
MH 32	MH 34	S 7°58'33,45204" E 111°26'16,34604"	0,004	0,0060	X

EVALUASI SLOPE PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Slope Terpasang (mm)	Slope Perhitungan (mm)	Keterangan
MH 33	MH 32	S 7°58'33,62952" E 111°26'16,36008"	0,004	0,0060	X
MH 34	MH 35	S 7°58'33,4344" E 111°26'16,7946"	0,004	0,0060	X
MH 35	MH 36	S 7°58'33,83976" E 111°26'17,52144"	0,004	0,0060	X
MH 36	MH 37	S 7°58'33,7044" E 111°26'18,01932"	0,004	0,0060	X
MH 37	IPAL	S 7°58'33,79476" E 111°26'18,75732"	0,004	0,0060	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung			X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung		

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi, pipa terpasang memiliki slope lebih kecil daripada seharusnya, yaitu 0,004 berbanding maksimal 0,006 atau sesuai slope tanah. Jika slope pipa kurang 0,6% dapat menimbulkan kemiringan yang kurang cukup untuk mengalirkan padatan air limbah. Dan jika slope lebih dari 0,6%, maka harus sesuai slope tanah karena menyesuaikan tinggi tanah.

c. Tinggi galian pipa

Evaluasi tinggi galian pipa air limbah didapatkan dari perbandingan kondisi lapangan dengan perhitungan yang sesuai dengan kriteria perencanaan. Adapun evaluasi tinggi galian pipa terdapat pada tabel berikut:

Tabel 5. 15 Hasil Evaluasi Tinggi Galian Pipa Sub Penyaluran

EVALUASI TINGGI GALIAN PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Tinggi Terpasang (mm)	Tinggi Perhitungan (mm)	Keterangan
MH A	MH B	S 7°58'31,29564" E 111°26'7,26576"	0,40	0,70	X
MH B	MH C	S 7°58'31,78812" E 111°26'7,06488"	0,37	0,79	X
MH C	MH D	S 7°58'32,16108" E 111°26'6,8622"	0,39	0,79	X

EVALUASI TINGGI GALIAN PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Tinggi Terpasang (mm)	Tinggi Perhitungan (mm)	Keterangan
MH D	MH E	S 7°58'32,3364" E 111°26'7,62108"	0,42	0,96	X
MH E	MH F	S 7°58'32,26584" E 111°26'8,6856"	0,45	1,06	X
MH F	MH G	S 7°58'32,31264" E 111°26'9,1284"	0,47	1,18	X
MH G	MH H	S 7°58'32,27376" E 111°26'9,56868"	0,42	1,30	X
MH H	MH J	S 7°58'32,35044" E 111°26'10,35168"	0,45	1,49	X
MH I	MH H	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	0,46	1,30	X
MH J	MH K	S 7°58'31,854" E 111°26'10,34448"	0,50	1,56	X
MH K	MH L	S 7°58'32,62548" E 111°26'12,15132"	0,50	1,63	X
MH L	MH M	S 7°58'32,61648" E 111°26'12,32088"	0,52	1,75	X
MH M	MH O	S 7°58'32,68848" E 111°26'13,07544"	0,45	1,87	X
MH N	MH M	S 7°58'31,9926" E 111°26'12,94008"	0,39	1,75	X
MH O	MH P	S 7°58'33,02472" E 111°26'14,19036"	0,38	2,04	X
MH P	MH Q	S 7°58'33,04488" E 111°26'14,58348"	0,35	2,06	X
MH Q	MH R	S 7°58'33,15" E 111°26'14,79912"	0,27	2,23	X
MH R	MH S	S 7°58'33,30264" E 111°26'15,25668"	0,29	2,23	X
MH S	MH T	S 7°58'33,22524" E 111°26'15,84708"	0,31	2,33	X
MH T	MH 34	S 7°58'33,31164" E 111°26'16,12356"	0,29	2,83	X
MH 1	MH 2	S 7°58'36,94368" E 111°26'6,4104"	0,28	0,70	X
MH 2	MH 3	S 7°58'36,33384" E 111°26'6,3996"	0,26	0,82	X
MH 3	MH 4	S 7°58'35,57892" E 111°26'6,5526"	0,25	0,91	X
MH 4	MH 5	S 7°58'35,18148" E 111°26'6,61164"	0,25	1,06	X
MH 5	MH 6	S 7°58'34,34808" E 111°26'6,59076"	0,31	1,15	X
MH 6	MH 7	S 7°58'34,23504" E 111°26'6,52704"	0,35	1,30	X

EVALUASI TINGGI GALIAN PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Tinggi Terpasang (mm)	Tinggi Perhitungan (mm)	Keterangan
MH 7	MH 8	S 7°58'33,20544" E 111°26'6,69588"	0,34	1,42	X
MH 8	MH 9	S 7°58'32,56212" E 111°26'6,78372"	0,32	1,42	X
MH 9	MH 10	S 7°58'32,5074" E 111°26'7,81008"	0,36	1,54	X
MH 10	MH 11	S 7°58'31,96992" E 111°26'8,79828"	0,40	1,63	X
MH 11	MH 12	S 7°58'32,07144" E 111°26'8,97432"	0,43	1,73	X
MH 12	MH 13	S 7°58'32,58228" E 111°26'9,56832"	0,95	1,82	X
MH 13	MH 16	S 7°58'32,5668" E 111°26'10,1508"	1,03	1,92	X
MH 14	MH 13	S 7°58'32,98296" E 111°26'10,11264"	1,12	1,82	X
MH 15	MH 14	S 7°58'33,83688" E 111°26'9,75948"	1,26	1,70	X
MH 16	MH 17	S 7°58'32,484" E 111°26'10,70376"	1,25	1,99	X
MH 17	MH 18	S 7°58'32,7144" E 111°26'11,112"	1,30	2,11	X
MH 18	MH 19	S 7°58'32,46456" E 111°26'11,30892"	1,14	2,23	X
MH 19	MH 20	S 7°58'32,51892" E 111°26'12,30972"	1,01	2,35	X
MH 20	MH 21	S 7°58'32,96316" E 111°26'12,95016"	0,98	2,42	X
MH 21	MH 22	S 7°58'33,21732" E 111°26'13,56648"	0,91	2,50	X
MH 22	MH 23	S 7°58'33,04776" E 111°26'13,7076"	0,70	2,62	X
MH 23	MH 30	S 7°58'33,14424" E 111°26'14,37216"	0,72	2,71	X
MH 24	MH 23	S 7°58'33,94452" E 111°26'13,9812"	0,69	2,62	X
MH 25	MH 24	S 7°58'34,34556" E 111°26'14,07768"	0,70	2,47	X
MH 26	MH 25	S 7°58'34,70556" E 111°26'13,79364"	0,71	2,38	X
MH 27	MH 26	S 7°58'35,15088" E 111°26'13,41384"	0,73	2,33	X
MH 28	MH 27	S 7°58'35,83056" E 111°26'13,1226"	0,67	2,26	X
MH 29	MH 28	S 7°58'36,26832" E 111°26'13,24608"	0,65	2,16	X

EVALUASI TINGGI GALIAN PIPA PENYALURAN					
Manhole		Koordinat	Tinggi Terpasang (mm)	Tinggi Perhitungan (mm)	Keterangan
MH 30	MH 31	S 7°58'33,21372" E 111°26'15,07308"	0,61	2,71	X
MH 31	MH 32	S 7°58'33,3408" E 111°26'15,3852"	0,58	2,83	X
MH 32	MH 34	S 7°58'33,45204" E 111°26'16,34604"	0,59	2,95	X
MH 33	MH 32	S 7°58'33,62952" E 111°26'16,36008"	0,73	2,83	X
MH 34	MH 35	S 7°58'33,4344" E 111°26'16,7946"	0,70	0,60	X
MH 35	MH 36	S 7°58'33,83976" E 111°26'17,52144"	0,72	0,72	V
MH 36	MH 37	S 7°58'33,7044" E 111°26'18,01932"	0,75	0,84	X
MH 37	IPAL	S 7°58'33,79476" E 111°26'18,75732"	0,77	1,01	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung					

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi, pipa terpasang memiliki tinggi galian lebih rendah daripada seharusnya, yaitu 0,3 berbanding maksimal 3 meter. Evaluasi didapatkan bahwa pipa dilapangan masih lebih kecil daripada 0,7 meter, yaitu tinggi sekitar selokan. Hal tersebut juga dapat menimbulkan permasalahan dalam pengurukan tanah akhir atau manhole dapat terlihat dipermukaan.



Gambar 5. 19 Kelebihan Tinggi Manhole (MH 9)

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)



Gambar 5. 20 Kelebihan Tinggi Manhole (MH 16)

Sumber: Dokumentasi Penulis (2023)

C. Evaluasi Teknis Sub-bab Pengolahan

Sub-bab pengolahan merupakan kategori yang mencakup rincian unit pengolahan air limbah dari inlet, bak pengendap, anaerobik filter dan outlet. Evaluasi teknis pada sub-bab pengolahan terbagi atas beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

a. Bak Inlet

Evaluasi bak inlet dilakukan berdasarkan hasil perhitungan manual, sampling, dan pemetaan IPALD. Adapun evaluasinya sebagai berikut:

Tabel 5. 16 Hasil Evaluasi Bak Inlet IPALD

EVALUASI BAK INLET				
No.	Parameter	Data Hasil	Hasil Lapangan	Keterangan
1.	Lebar (l)	2,60 m	2,60 m	V
2.	Kedalaman Basah (h)	-	0,30 m	X
3.	Ambang Batas (F)	0,50 m	0,80 m	V
4.	Panjang Ruang (Pr1)	0,60 m	0,60 m	V
V = sesuai kriteria/nilai hitung		X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung		

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Berdasarkan hasil lapangan didapatkan lebar, ambang batas, dan panjang ruangan sesuai dan tepat pembangunan. Akan tetapi untuk kedalaman basah yang seharusnya 0 m, namun pada lapangan terdapat

genangan air setinggi 0,5 m. Hal tersebut menimbulkan manhole terakhir di saluran penyaluran menggenang juga. Selain itu untuk unit selanjutnya mengalami peningkatan air limbah permukaan.

b. Bak Pengendap

Evaluasi bak pengendap dilakukan berdasarkan buku SPALD-T B PUPR tahun 2018. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

a. Kriteria Perencanaan

1. Waktu retensi dalam ruang pengendap, $t_d = 2 - 5$ jam
2. Kedalaman pengendap, $H = 1,5 - 4$ m
3. Beban permukaan, $SLR = 30 - 50 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ (Metcalf and Eddy, 2003).
4. Rasio P:L = 2 - 6
5. Kemiringan dasar:
 1. Bak bentuk empat persegi = 1-3%
 2. Bak sirkular = 40-100 mm/m
6. Kedalaman ruang lumpur, $t = 1/3 H$

b. Rumus Perencanaan

1. Waktu tinggal air limbah dalam ruang pengendapan,

$$T_d = \text{Vol}/Q = (P \times L \times H)/Q$$

2. Beban permukaan atau surface loading rate

$$Q_l = Q/A_{\text{Permukaan}}$$

$$= Q/(L \times P)$$

$$= \dots (\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari})$$

Keterangan:

T_d = waktu tinggal air limbah dalam bak pengendapan

Vol = volume ruang pengendap

= panjang x lebar x tinggi

Q = debit air limbah yang diolah

Q_l = beban permukaan

$A_{\text{Permukaan}}$ = luas bidang permukaan pengendap

= panjang x lebar

Berdasarkan rumus tersebut, penulis melakukan perhitungan evaluasi sebagai berikut:

1. Waktu tinggal air limbah dalam ruang pengendapan,

Diketahui:

$$P = 4,8 \text{ meter}$$

$$L = 2,6 \text{ meter}$$

$$H = 2,5 \text{ meter}$$

$$Q = 4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Ditanya:

T_d = waktu tinggal air limbah dalam bak pengendapan?

Perhitungan:

$$\begin{aligned} T_d &= \text{Vol}/Q \\ &= (P \times L \times H)/Q \\ &= \left(\frac{4,8 \text{ meter} \times 2,6 \text{ meter} \times 2,5 \text{ meter}}{4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}} \right) \\ &= 6,6949 \text{ jam} = 6,7 \text{ jam} \end{aligned}$$

2. Beban permukaan atau surface loading rate

Diketahui:

$$P = 4,8 \text{ meter}$$

$$L = 2,6 \text{ meter}$$

$$Q = 4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Ditanya:

Q_1 = beban permukaan?

Perhitungan:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q/A \text{ Permukaan} \\ &= Q/(L \times P) \\ &= \left(\frac{4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}}{2,6 \text{ meter} \times 4,8 \text{ meter}} \right) \\ &= 0,3734 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \\ &= 8,9619 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 5. 17 Hasil Evaluasi Bak Pengendap IPALD

EVALUASI BAK PENGENDAP					
No.	Parameter	Nilai Lapangan	Nilai Hitung	Kriteria Desain	Keterangan
1	Waktu pengendapan (Td)	12 jam	6,7 jam	2-5 jam	X
2	Kedalaman pengendap	3,7 m	-	1,5-4 m	V
3	Beban Permukaan (SLR)	-	8,96 m ³ /m ² .hari	30-50 m ³ /m ² .hari	X
4	Rasio P:L	4,8 m : 2,6 m = (<2)	-	2-6	X
6	Kemiringan dasar empat persegi	1%	-	1-3%	V
7	Kedalaman ruang lumpur	0,7 / 3,7 meter = (<1/3)	-	1/3 H	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung					

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi bak pengendap didapatkan bahwa kedalaman bak pengendap dan kemiringan dasar empat persegi telah sesuai dengan kriteria desain pada Buku B SPALD-T. Waktu pengendapan tidak sesuai kriteria desain, sehingga dapat memicu adanya perkembangan bakteri berlebihan karena tidak segera tersalurkan ke unit pengolahan selanjutnya. Rasio P:L yang tidak tepat disebabkan pembangunan yang menyesuaikan jalan. Kedalam ruang lumpur yang tidak sesuai dengan kriteria desain lonjakan lumpur tinja keluar dari area bak yang telah disediakan.

c. Anaerobik Filter

Evaluasi anaerobik filter dilakukan berdasarkan buku SPALD-T B PUPR tahun 2018. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Kriteria Perencanaan

- 1) Media padat yang digunakan berukuran 2 – 6 cm dan bersifat porous dengan specific gravity mendekati 1 (satu);

- 2) Porositas ronggo dalam media, $\epsilon = 70\% - 90\%$;
- 3) Luas permukaan media filter persatuan volume media = $90 - 300 \text{ m}^2/\text{m}^3$ media;
- 4) Kedalaman media dalam filter, $H = 90 - 150 \text{ cm}$;
- 5) Waktu tinggal hidrolis dalam filter, $t_d = 0,5 - 4$ hari;
- 6) Beban organik (*Organic loading rate*, OLR) = $0,2 - 15 \text{ kg.COD}/\text{m}^3.\text{hari}$
- 7) Tinggi air diatas media, $h = 20 \text{ cm}$;
- 8) Jarak plat penyangga media dengan dasar bak biofilter = $50 - 60 \text{ cm}$
- 9) Plat penyangga media memiliki diameter lubang atau bukaan lebih kecil dari media biofilter, jarak antar plat maksimum 10 cm .

2. Rumus perhitungan

1) Volume ruang biofiltrasi = $Q \times t_d$

Volume media = $(Q \times \text{COD})/\text{beban organik}$

a. Volume ruang biofiltrasi

Diketahui:

$$Q = 4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T_d = 12 \text{ jam}$$

Ditanya:

Volume ruang biofiltrasi?

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang biofiltrasi} &= Q \times T_d \\ &= 4,6602 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 12 \text{ jam} \\ &= 55,9224 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Volume media

Diketahui:

$$Q = 4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$T_d = 12 \text{ jam}$$

COD = $87,836 \text{ mg/L}$ adalah kadar rata-rata kadar COD air limbah domestik (Iskandar, 2016)

OLR = 15 kg.COD/m³.hari adalah asumsi dari kriteria unit
0,2 – 15 kg.COD/m³.hari

Ditanya:

Volume media?

Perhitungan:

Volume media = (Q x COD)/beban organik

$$= \frac{4,6602 \frac{m^3}{jam} \times 32,061 \frac{mg}{L}}{15 \text{ kg} \cdot \frac{COD}{m^3}}$$

$$= 27,2888 \text{ m}^3$$

Tabel 5. 18 Hasil Evaluasi Anaerobik Filter

EVALUASI ANAEROBIK FILTER					
No.	Parameter	Nilai Lapangan	Nilai Hitung	Kriteria Desain	Keterangan
1	Media padat	4 cm	-	2-6 cm	V
2	Luas permukaan media filter	1,2 x 0,9 x 8 = 86,4 m ² /m ³	-	90-300 m ² /m ³	X
3	Kedalaman media	110 cm	-	90-150 cm	V
4	Waktu tinggal hidrolis	0,5 hari	-	0,5-4 hari	V
5	Efisiensi BOD	68,26 %	-	70-90 %	X
6	Tinggal air diatas media	50 cm	-	20 cm	X
7	Jarak plat penyangga media dengan dasar bak	55 cm	-	50-60 cm	V
8	Jarak plat maksimum	10 cm	-	10 cm	V
9	Volume ruang biofiltrasi	6 x 1,2 x 0,9 x 8 = 51,84 m ³	55,9224 m ³	-	X
10	Volume media	1,1 x 1,2 x 0,9 x 8 = 9,5 m ³	9,9607 m ³	-	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung					

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan bahwa media padat, kedalaman media, waktu tinggal hidrolis, jarak plat penyangga dengan dasar bak, dan jarak plat maksimum tebal telah sesuai pedoman Buku B SPALD-T PUPR Tahun 2018. Akan tetapi pada parameter luas permukaan media filter, efisiensi BOD, tinggi air diatas media, volume ruang biofiltrasi, dan volume media masih belum sesuai kriteria desain maupun nilai hitung seharusnya.

d. Bak Outlet

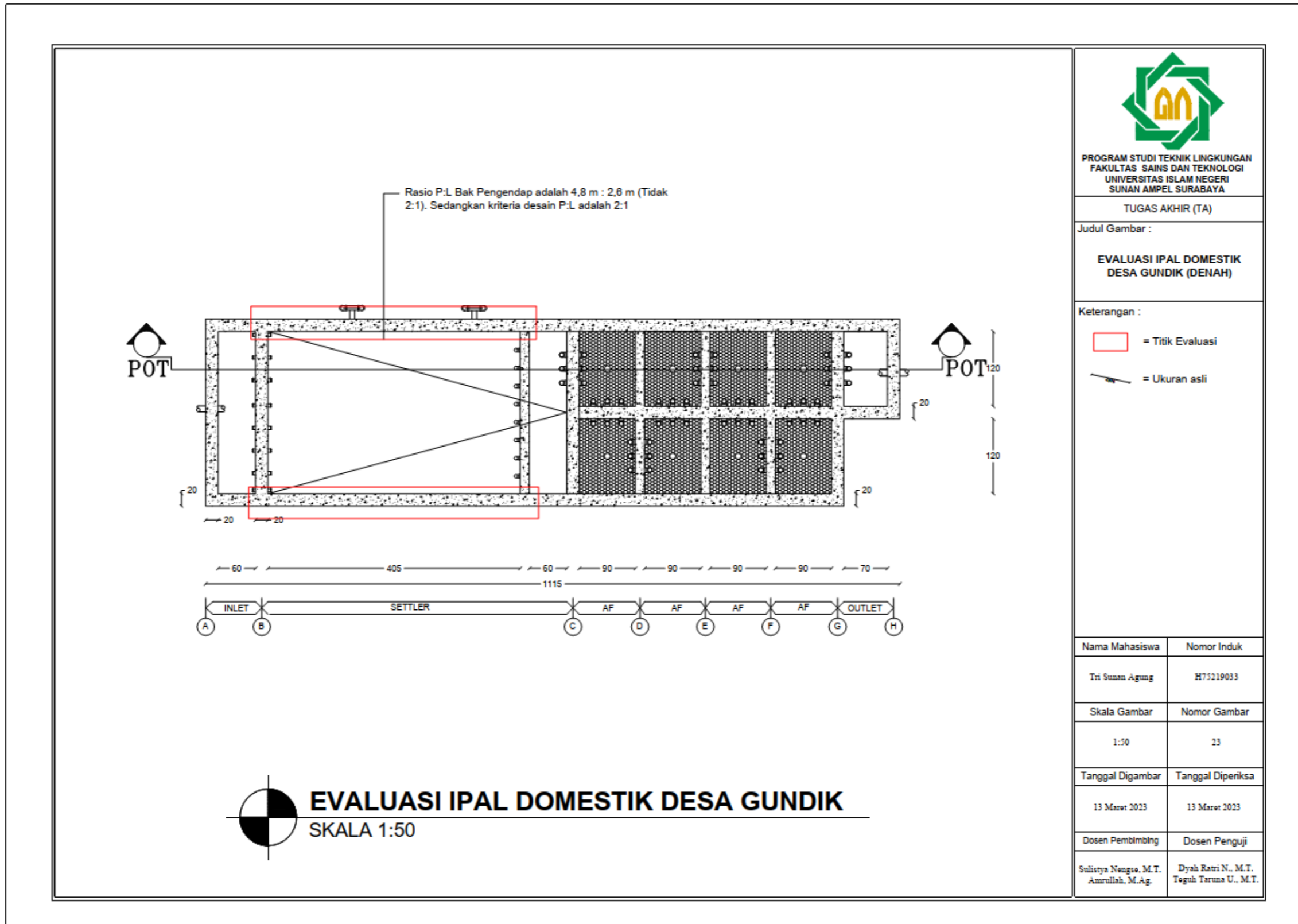
Evaluasi bak outlet dilakukan berdasarkan hasil perhitungan manual, sampling, dan pemetaan IPALD. Adapun evaluasinya sebagai berikut:

Tabel 5. 19 Hasil Evaluasi Bak Outlet IPALD Desa Gundik

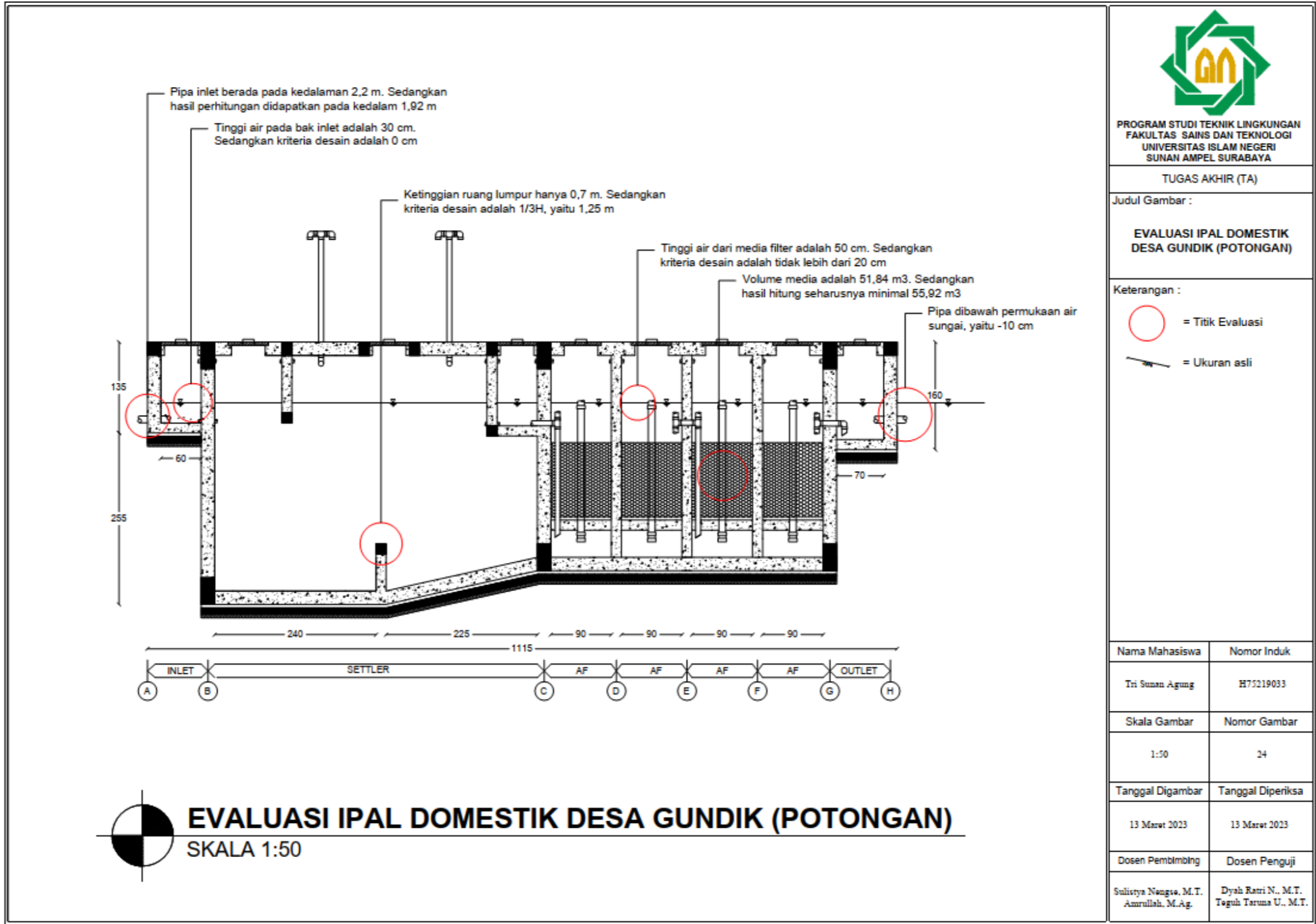
EVALUASI BAK OUTLET				
No.	Parameter	Data Hasil	Air Lapangan	Keterangan
1.	Lebar (l)	1,20 m	1,20 m	V
2.	Kedalaman Basah (h)	0,20 m	0,30 m	X
3.	Ambang Batas (F)	0,50 m	1,05 m	V
4.	Panjang Ruang (Pr1)	0,70 m	0,70 m	V
5.	Jarak Pipa dan Permukaan Air Sungai	0,10 m	-0,10 m	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung				

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Berdasarkan hasil lapangan didapatkan lebar, ambang batas, dan panjang ruangan sesuai dan tepat pembangunan. Akan tetapi untuk kedalaman basah yang seharusnya 0 m, namun pada lapangan terdapat genangan air setinggi 0,5 m. Hal tersebut menimbulkan manhole terakhir di saluran penyaluran menggenang juga. Selain itu untuk unit selanjutnya mengalami peningkatan air limbah permukaan.



Gambar 5. 21 Evaluasi Teknis IPAL Domestik Desa Gundik (Denah)



Gambar 5. 22 Evaluasi Teknis IPAL Domestik Desa Gundik (Potongan)

5.2.2. Evaluasi Operasional dan Pemeliharaan

A. Evaluasi Operasional dan Pemeliharaan Sub-bab Pelayanan

Sub-bab pelayanan merupakan kategori yang mencakup dari sumber air limbah disetiap sambungan rumah (SR) seperti wastafel, selokan kamar mandi, dan toilet. Evaluasi operasional pada sub-bab pelayanan terbagi atas beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

Tabel 5. 20 Evaluasi Operasional Sub-bab Pelayanan

EVALUASI OPERASIONAL SUB-BAB PELAYANAN			
Aspek O	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Bak Penangkap Lemak dan Minyak	Tidak ada	Pembersihan lemak dan kotoran yang mengambang pada bak penangkap lemak secara berkala	X
Bak Kontrol	Tidak ada	Perawatan dan pemeliharaan untuk menghindari tersumbatnya air limbah domestik yang masuk ke jaringan pipa pengumpul. Kegiatan pemeliharaan bak kontrol akhir berupa pembersihan akumulasi sampah yang terkumpul pada bak kontrol akhir	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung			

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Tabel 5. 21 Evaluasi Pemeliharaan Sub-bab Pelayanan

EVALUASI PEMELIHARAAN SUB-BAB PELAYANAN			
Aspek P	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Pemeliharaan Bak Penangkap Lemak	Tidak ada	Membersihkan bak penangkap lemak secara rutin. Apabila telah banyak minyak dan lemak yang tersaring dalam bak, segera bersihkan bak agar minyak dan lemak yang tersaring tidak meluap ke luar.	X
Bak Kontrol	Tidak ada	Pembersihan bak kontrol akhir secara berkala dari endapan dan sampah yang lolos saringan	X

EVALUASI PEMELIHARAAN SUB-BAB PELAYANAN			
Aspek P	Lapangan	Kriteria	Keterangan
V = sesuai kriteria/nilai hitung		X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung	

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

B. Evaluasi Operasional dan Pemeliharaan Sub-bab Pengumpulan

Sub-bab pengumpul merupakan kategori yang mencakup jalur perpipaan dari sambungan rumah (SR) hingga instalasi pengolahan air limbah Domestik (IPALD). Evaluasi operasional pada sub-bab pengumpulan terbagi atas beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

Tabel 5. 22 Evaluasi Operasional Sub-bab Pengumpulan

EVALUASI OPERASIONAL SUB-BAB PENGUMPULAN			
Aspek O	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Pengoperasian jaringan pipa retikulasi dan pipa induk air limbah domestik	Penggelontoran disetiap hari jum'at pukul 09.00 – 10.00 WIB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistem penggelontoran disetiap WC 2. Pembersihan saluran diintensikan 3. Pemeliharaan pipa pengumpulan secara rutin dan terjadwal 	X
Pengoperasian prasarana dan sarana pelengkap	Tidak ada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengoperasian lubang kontrol 2. Pengoperasian terminal pembersihan (<i>clean out</i>) 3. Pengoperasian pipa perlintasan (<i>siphon</i>) 4. Pengoperasian stasiun pompa 	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung		X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung	

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Tabel 5. 23 Evaluasi Pemeliharaan Sub-bab Pengumpulan

EVALUASI PEMELIHARAAN SUB-BAB PENGUMPULAN			
Aspek P	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Jaringan perpipaan	Penggelontoran disetiap hari jum'at pukul 09.00 – 10.00 WIB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Persiapan awal pemeliharaan 2. Program pemeliharaan 3. Penyiapan peralatan pemeliharaan 4. Penggelontoran pipa 	X

EVALUASI PEMELIHARAAN SUB-BAB PENGUMPULAN			
Aspek P	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Pengoperasian prasarana dan sarana pelengkap	Tidak ada	1. Pemeliharaan lubang kontrol (manhole) 2. Pemeliharaan pompa	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung			

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

C. Evaluasi Operasional dan Pemeliharaan Sub-bab Pengolahan

Sub-bab pengolahan merupakan kategori yang mencakup rincian unit pengolahan air limbah dari inlet, bak pengendap, anaerobik filter dan outlet. Evaluasi operasional pada sub-bab pengolahan terbagi atas beberapa aspek, antara lain sebagai berikut:

Tabel 5. 24 Evaluasi Operasional Sub-bab Pengolahan

EVALUASI OPERASIONAL SUB-BAB PENGOLAHAN			
Aspek O	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Pengoperasian Bak Pengendap	Tidak ada	1. Pengecekan tinggi muka air dalam bak 2. Pengecekan aliran air dalam bak 3. Pengambilan buih diatas permukaan air secara rutin 4. Penyedotan lumpur tinja secara berkala dan terjadwal	X
Pengoperasian Anaerobik dengan prasarana filter anaerobik <i>upflow</i>	Terdapat pre-treatment sebelum AF, yaitu bak pengendap	1. Pengecekan ketinggian air dalam unit 2. Pre-treatment sebelum masuk AF 3. Kontroling suhu dalam unit AF	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung			

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

Tabel 5. 25 Evaluasi Pemeliharaan Sub-bab Pengolahan

EVALUASI PEMELIHARAAN SUB-BAB PENGOLAHAN			
Aspek P	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Pemeliharaan bak pengendap	Tidak ada	1. Pemeliharaan preventif 2. Pemeliharaan rutin (setiap hari) 3. Pemeliharaan komponen bak pengendap	X
Pemeliharaan filter anaerobik (<i>Anaerobik Filter</i>)	Terdapat pre-treatment sebelum AF, yaitu bak pengendap	1. Penggunaan bak pengendap sebelum AF 2. Pembersihan media filter ketika efisiensi berkurang dengan <i>backwash</i> (otomatis) atau manual	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung			

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

5.2.3. Evaluasi Kelembagaan

Evaluasi kelembagaan merupakan pengecekan komponen non-teknis yang tercantum pada PerMen PUPR No. 4 Tahun 2017 pada lampiran ke V. Adapun hasil evaluasi non teknis (kelembagaan) adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 26 Evaluasi Kelembagaan Sub-bab Pengolahan

EVALUASI KELEMBAGAAN SUB-BAB PENGOLAHAN			
Aspek	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Kondisi keuangan	Pengeluaran dicatat manual saja. Dari 2 juta rupiah pada tahun 2021, sekarang sisa 700 ribu rupiah.	1. Neraca awal 2. Rincian biaya operaional dan non operasi 3. Rincian pendapatan operasi dan non operasi 4. Laba rugi usaha 5. Arus kas 6. Neraca akhir	X
Kondisi manajemen administrasi	Tidak ada	1. Tersedianya SOP	X

EVALUASI KELEMBAGAAN SUB-BAB PENGOLAHAN			
Aspek	Lapangan	Kriteria	Keterangan
Kondisi kelembagaan dan SDM	Data anggota KPP dan jabatan saja	1. Data pegawai (SDM) 2. Pemantauan kinerja karyawan di lapangan	X
Kondisi hukum dan peran serta masyarakat	Terdapat dasar hukum SK Desa untuk KSM dan KPP, dan dokumen SPALD-T dari DPUPKP Ponorogo	1. Keberadaan forum khusus 2. Survei tingkat kepuasan pelanggan 3. Pemenuhan kewajiban pelanggan 4. Produk peraturan perundang-undangan	X
V = sesuai kriteria/nilai hitung		X = tidak sesuai kriteria/nilai hitung	

Sumber: Hasil Analisa Penulis (2023)

5.3. Optimalisasi SPALD-T Gundik

Pada penelitian ini dilakukan beberapa optimalisasi SPALD-T berdasarkan hasil evaluasi sebelumnya, antara lain: optimalisasi teknis, optimalisasi operasional, dan optimalisasi kelembagaan. Adapun detail pada setiap aspek optimalisasi adalah sebagai berikut:

5.3.1. Optimalisasi Teknis

A. Optimalisasi Teknis Sub-bab Pelayanan

Optimalisasi teknis sub-bab pelayanan didasarkan kepada hasil evaluasi sebelumnya. Adapun rekap optimalisasi teknis dari sub-bab pelayanan adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 27 Optimalisasi Sub-bab Pelayanan

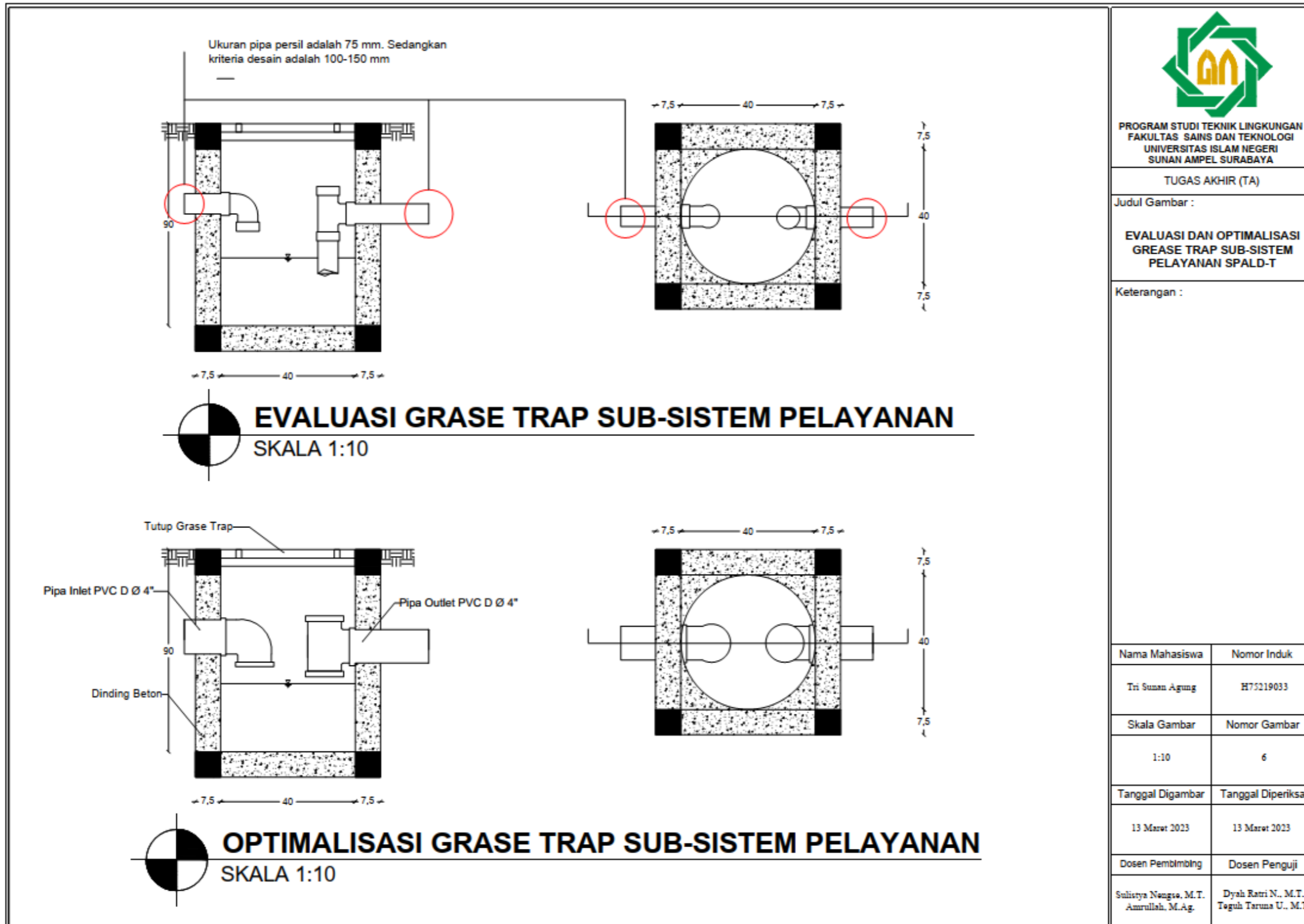
REKAP OPTIMALISASI TEKNIS SUB-BAB PELAYANAN				
No.	Aspek	Paramater	Sebelumnya	Seharusnya
1.	Pipa Persil	Diameter Pipa	75 mm	100 mm
2.	Bak Kontrol	Luas Permukaan Bak	40x40 cm ²	50x50 cm ²
		Kedalaman Bak (Dalam)	64 cm	40-60 cm

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

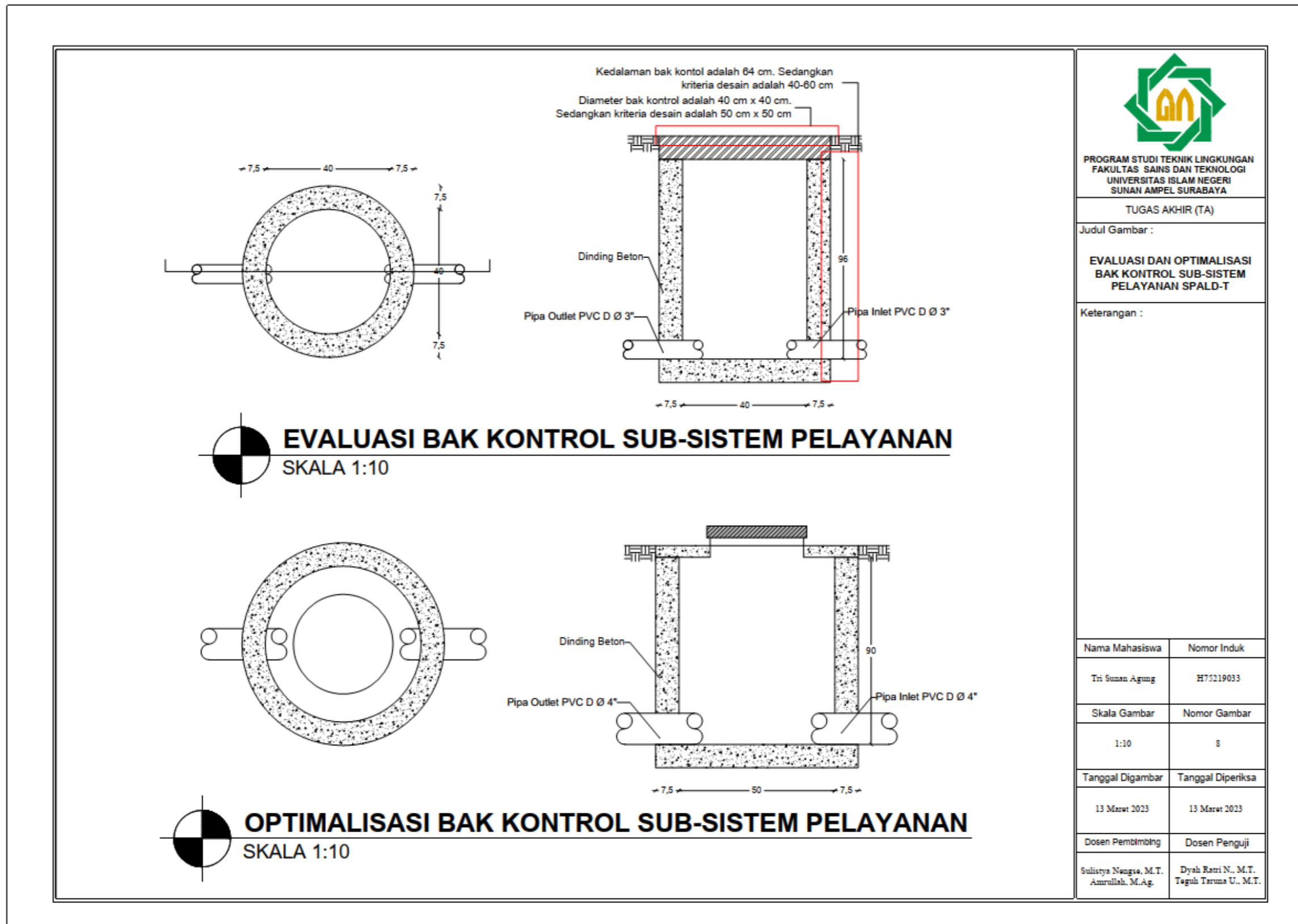
Optimalisasi teknis sub-bab pelayanan berdasarkan hasil valid perhitungan evaluasi, sebagai berikut:

- Setiap SR melakukan perombakan ukuran diamater pipa persil menjadi 100 mm.
- Setiap SR melakukan perombakan ukuran luas permukaan bak menjadi 50 x 50 cm².
- Setiap SR melakukan perombakan ukuran kedalaman bak (dalam) menjadi 60 cm.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 5. 23 Optimalisasi Grase Trap Sub-Sistem Pelayanan




 PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
 SUNAN AMPEL SURABAYA
 TUGAS AKHIR (TA)

Judul Gambar :
EVALUASI DAN OPTIMALISASI BAK KONTROL SUB-SISTEM PELAYANAN SPALD-T

Keterangan :

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Tri Sunan Agung	H75219033
Skala Gambar	Nomor Gambar
1:10	8
Tanggal Digambar	Tanggal Diperiksa
13 Maret 2023	13 Maret 2023
Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
Sulistya Nengsa, M.T. Amrullah, M.Ag.	Dyah Ratri N., M.T. Teguh Taruna U., M.T.

Gambar 5. 24 Optimalisasi Bak Kontrol Sub-sistem Pelayanan

B. Optimalisasi Teknis Sub-bab Pengumpulan

Optimalisasi teknis sub-bab pengumpulan didasarkan kepada hasil evaluasi sebelumnya. Adapun rekap optimalisasi teknis dari sub-bab pengumpulan adalah sebagai berikut:

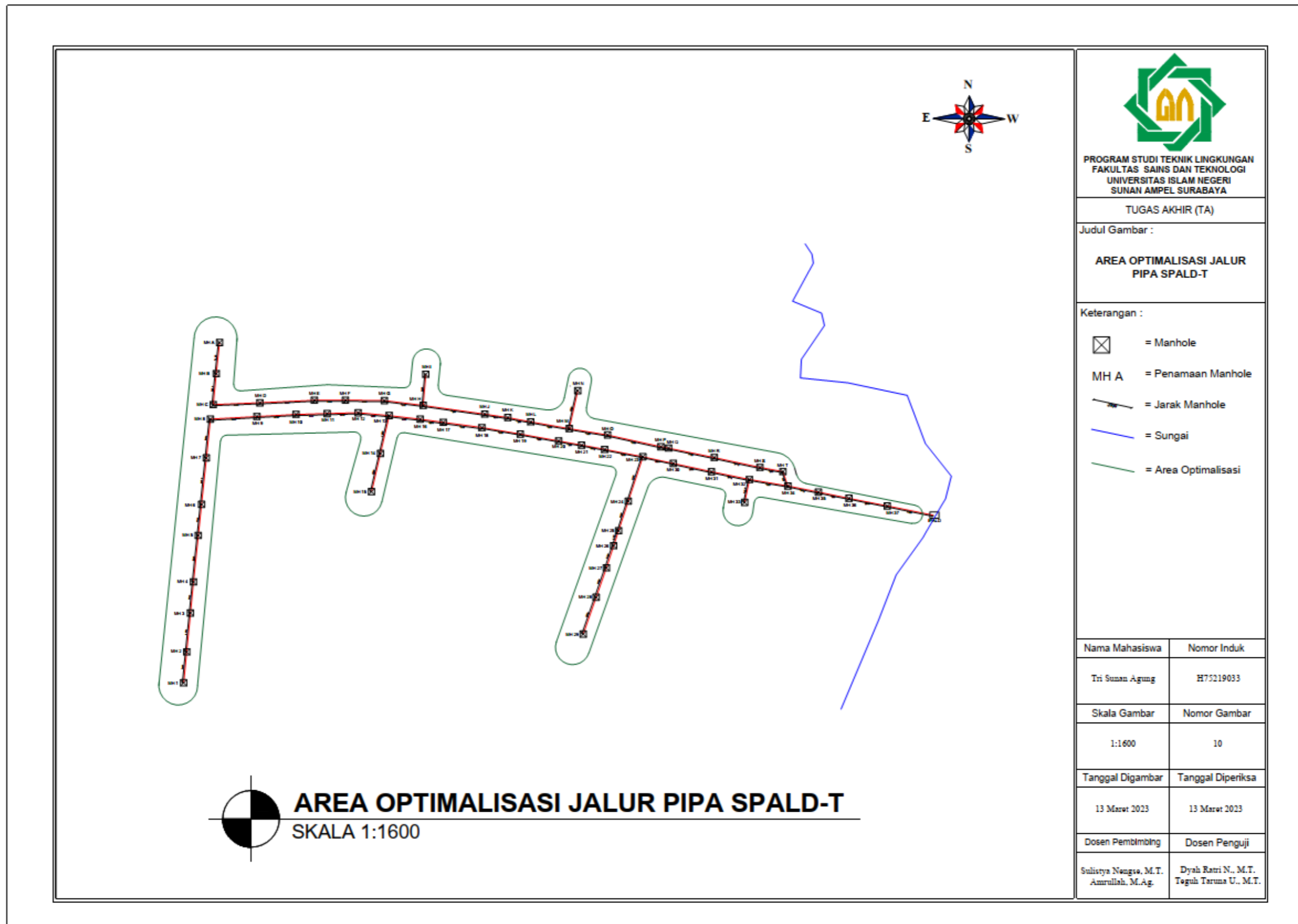
Tabel 5. 28 Optimalisasi Sub-bab Pengumpulan


REKAP OPTIMALISASI TEKNIS SUB-BAB PENGUMPULAN				
No.	Aspek	Paramater	Sebelumnya	Seharusnya
1.	Self Cleaning Velocity	Diameter Pipa (semua pipa lateral)	150 mm	100 mm
2.	Tinggi Galian Pipa	Slope Pipa (semua pipa lateral)	0.004	0,006 0,042 (MH C, MH R, MH 8) 0,050 (MH 30)
		Tinggi Galian Pipa (semua pipa lateral)	0,25 – 1,26 meter	0,60 – 2,95 meter

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Optimalisasi teknis sub-bab pengumpulan berdasarkan hasil valid perhitungan evaluasi, sebagai berikut:

- Setiap manhole melakukan perombakan ukuran diameter pipa menjadi 100 mm.
- Setiap manhole melakukan perombakan slope 0,006 atau menyesuaikan slope tanah.
- Setiap SR melakukan perombakan kedalaman galian pipa lateral menjadi 0,60 – 2,95 meter dibawah tanah.









PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN AMPEL SURABAYA

TUGAS AKHIR (TA)

Judul Gambar :

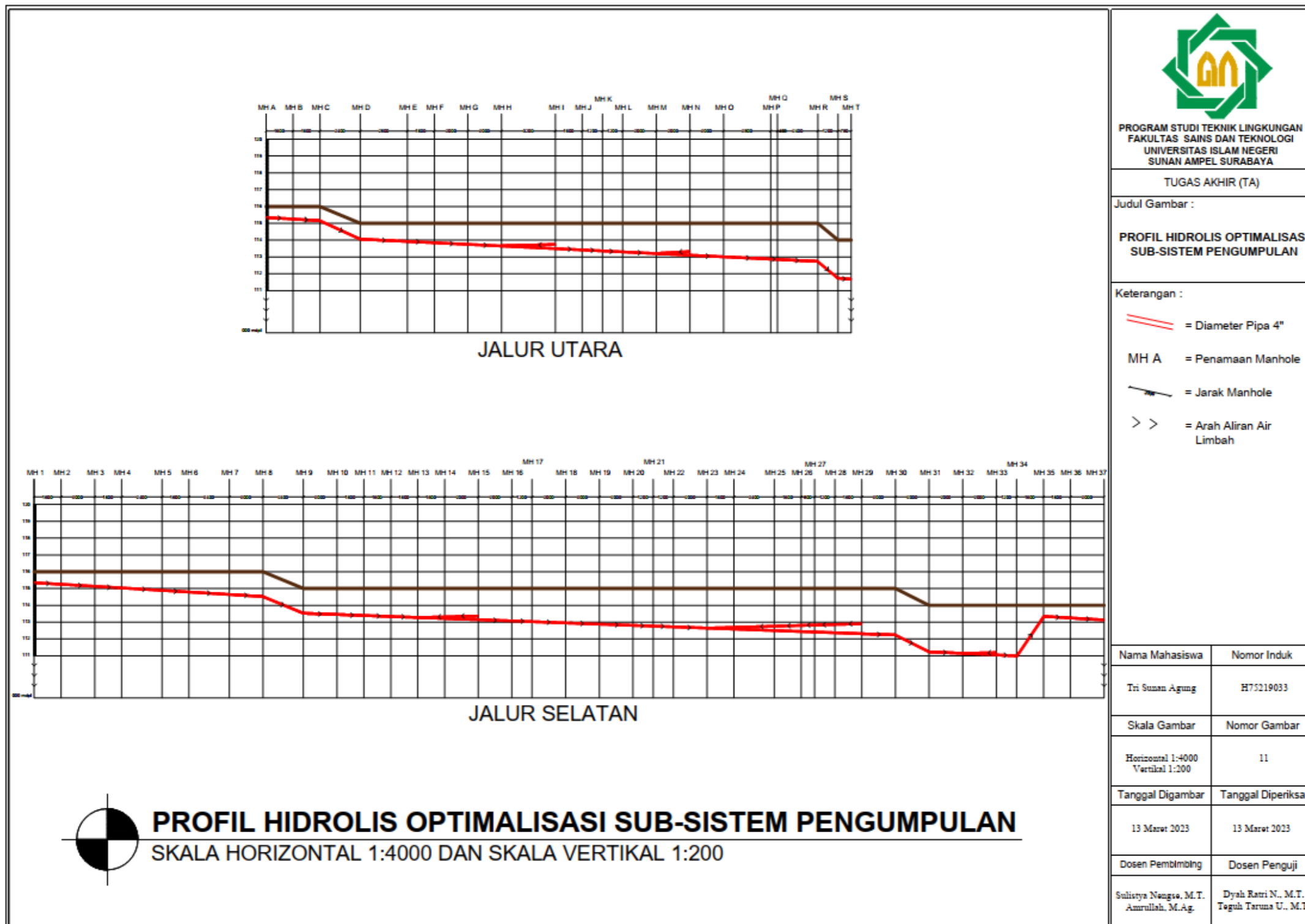
AREA OPTIMALISASI JALUR PIPA SPALD-T

Keterangan :

-  = Manhole
- MH A = Penamaan Manhole
-  = Jarak Manhole
-  = Sungai
-  = Area Optimalisasi

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Tri Sunan Agung	H75219033
Skala Gambar	Nomor Gambar
1:1600	10
Tanggal Digambar	Tanggal Diperiksa
13 Maret 2023	13 Maret 2023
Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
Sulistya Nengsa, M.T. Amrullah, M.Ag.	Dyah Ratri N., M.T. Teguh Taruna U., M.T.

Gambar 5. 25 Optimalisasi Jalur Pipa Sub-Sistem Pengumpulan



Gambar 5. 26 Profil Hidrolis Optimalisasi Sub-sistem Pengumpulan

C. Optimalisasi Teknis Sub-bab Pengolahan

Optimalisasi sub-bab pengolahan didasarkan kepada hasil evaluasi sebelumnya. Adapun rekap optimalisasi teknis dari sub-bab pengolahan adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 29 Optimalisasi Teknis Sub-bab Pengolahan IPALD

REKAP OPTIMALISASI TEKNIS SUB-BAB PENGUMPULAN				
No.	Aspek	Paramater	Sebelumnya	Seharusnya
1.	Bak Inlet	Kedalaman basah	0,20 m	0,00 m
2.	Bak Pengendap	Waktu pengendapan (td)	6,7 jam	2-5 jam
		Rasio P:L	<2	2-6
		Kedalaman ruang lumpur	<1/3 H	1/3 H
3.	Bak Aerobik Filter	Luas permukaan media filter	86,4 m ² /m ³	90-150 m ² /m ³
		Efisiensi BOD	68,26 %	70-90 %
		Tinggal air diatas media	60 cm	20 cm
		Volume ruang biofilter	51,84 m ³	Min. 55,92 m ³
		Volume media	9,5 m ³	Min. 9,96 m ³
4.	Bak Outlet	Kedalaman basah (h)	0,40 m	0,20 m
		Jarak pipa dan permukaan air sungai	-0,10 m	0,10 m

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2023)

Optimalisasi teknis sub-bab pengolahan berdasarkan hasil valid perhitungan evaluasi, sebagai berikut:

- Melakukan penyesuaian ketinggian pipa lateral yang masuk ke bak inlet.
- Melakukan perombakan ukuran panjang bak pengendap, yang sebelumnya 4,8 m menjadi 5,2 m. Sehingga rasio menjadi 2, yaitu panjang 5,2 m dan lebar 2,6 m.

- Melakukan penambahan ketinggian dinding ruang lumpur di bak pengendap sebesar 0,55 m, supaya rasio ruang lumpur menjadi $1/3 H$, dengan H adalah 3,7 m dan tinggi ruang lumpur adalah $0,7 \text{ m} + 0,55 \text{ m} = 1,25 \text{ m}$.
- Melakukan penambahan media filter sebesar 90 cm (panjang) + 120 cm (lebar) + 20 cm (tinggi). Hal tersebut dilakukan untuk memenuhi luas permukaan media, tinggal air diatas media, dan volume media filter.
- Melakukan penambahan pipa pvc 4” pada bak outlet menuju ke bibir sungai.
- Melakukan penambahan klor ke bak outlet dalam mengurangi bakteri coliform.

a. Optimalisasi Teknis Bak Inlet

Optimalisasi teknis bak inlet terdapat pada perombakan menyesuaikan bak pengendap yang bertambah panjang 0,4 meter. Penyesuaian pipa inlet dari pipa induk pengumpul (lateral), yaitu: 0,96 meter dibawah tanah. Sedangkan pipa yang mengarah ke bak pengendap berada di 1,1 meter dibawah tanah. Penyesuaian tersebut dilakukan bertujuan untuk membuat kedalaman basah menjadi 0,0 cm dan sesuai dengan kriteria desain.

b. Optimalisasi Teknis Bak Pengendap

Optimalisasi teknis bak pengendap terdapat pada panjang unit dan dinding bak lumpur. Rincian optimalisasi bak pengendap adalah sebagai berikut:

1) Penambahan volume dinding bak pengendap

Optimalisasi volume dinding bak pengendap hingga rasio panjang dan lebarnya sebesar 4 meter dan 2 meter. Sehingga rasio yang didapatkan menjadi 2:1, sesuai dengan kriteria desain yaitu 2-6. Selain itu juga berpengaruh kepada percepatan waktu detensi yang ada pada bak pengendap.

2) Penambahan volume lantai bak pengendap

Optimalisasi volume lantai bak pengendap hingga menjadi 3 meter dibawah tanah. Hal tersebut sesuai dengan kriteria desain, yaitu minimal 3. Selain itu juga berpengaruh kepada percepatan waktu detensi yang ada pada bak pengendap.

3) dinding bak lumpur

Optimalisasi dinding bak lumpur dengan menambah tinggi bak ruang lumpur menyesuaikan $1/3 H$, dengan H setinggi 3,0 meter maka dinding lumpur minimal 1 meter.

4) Perhitungan Td

Diketahui:

$$P = 4,0 \text{ meter}$$

$$L = 2,0 \text{ meter}$$

$$H = 3,0 \text{ meter}$$

$$\text{Balok Ruang Lumpur} = 0,2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 = 0,4 \text{ m}^3$$

$$Q = 4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Ditanya:

Td = waktu tinggal air limbah dalam bak pengendapan?

Perhitungan:

$$T_d = \text{Vol}/Q$$

$$= (P \times L \times H)/Q$$

$$= \frac{(4,0 \text{ meter} \times 2,0 \text{ meter} \times 3,0 \text{ meter}) - \text{dinding lumpur}}{4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= \frac{24 \text{ m}^3 - 0,4 \text{ m}^3}{4,6602 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 5 \text{ jam}$$

c. Optimalisasi Teknis Anaerobik Filter

Optimalisasi teknis anaerobik filter terdapat pada penambahan media filter dengan rincian sebagai berikut:

$$V_{\text{filter}} = V_{\text{lama}} + V_{\text{baru}}$$

$$V_{\text{filter}} = (P_l \times L_l \times T_l \times n) + (P_b \times L_b \times T_b \times n)$$

Keterangan:

n = jumlah ruang unit anaerobik filter

$$V_{filter} = (0,9 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \times 8) + (0,9 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 8)$$

$$V_{filter} = 9,500 \text{ m}^3 + 1,728 \text{ m}^3$$

$$V_{filter} = 11,228 \text{ m}^3$$

Berdasarkan penambahan media filter tersebut berpotensi untuk memberikan solusi atas permasalahan saat evaluasi teknis sebelumnya, antara lain:

- 1) Memperluas permukaan media filter, yaitu $86,4 + 17,28 = 103,68 \text{ m}^2/\text{m}^3$, sehingga hasil tersebut dengan sesuai kriteria desain yaitu $90\text{-}300 \text{ m}^2/\text{m}^3$.
- 2) Mengurangi jarak air dari atas media, yaitu $50\text{-}20 = 30 \text{ cm}$. Lalu $30\text{-}10$ (pengurangan masalah permukaan air sungai pada bak outlet) = 20 cm , sehingga hasil tersebut dengan sesuai kriteria desain yaitu 20 cm .
- 3) Menyesuaikan ruang biofiltrasi sesuai hasil hitung.
- 4) Menambahkan volume media, yaitu $9,5 \text{ m}^3 + 1,728 \text{ m}^3 = 11,228 \text{ m}^3$, sehingga hasil tersebut dengan sesuai nilai batas perhitungan yaitu $55,9224 \text{ m}^3$.
- 5) Berpotensi meningkatkan efisiensi BOD dalam anaerobik filter.

d. Optimalisasi Teknis Bak Outlet

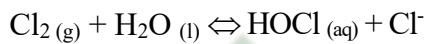
Optimalisasi teknis bak inlet terdapat pada penambahan pipa penempatan keluar air limbah olahan IPALD sepanjang 7 meter dan bantuan tee pipa belokan. Pipa outlet diameter 4" dipasang hingga menuju bibir sungai yang tidak berpotensi merendam atau diatas air permukaan IPALD. Hal tersebut juga dilakukan supaya mengatur kedalaman basah yaitu $0,3 \text{ m} - 0,1 \text{ m} = 0,2$ sesuai dengan kriteria desain yang diterapkan.

Optimalisasi teknis tambahan dalam mengatasi kadar bakteri coliform yang tersisa di bak outlet adalah dengan metode klorinasi. Optimalisasi klorinasi SPALD-T Desa Gundik direncanakan menggunakan gas klor murni dengan tingkat kemurnian hampir

mencapai 90%. Dengan kondisi pH air hasil pengolahan berkisar antara 6 – 8. Klorinasi dilakukan dengan menginjeksikan gas klorin dengan bantuan pompa dosing menuju ke bak outlet. Perhitungan desain meliputi lama waktu desinfeksi dan reaksi kimia yang terjadi untuk menghasilkan air limbah olahan adalah sebagai berikut:

1) Langkah 1: reaksi kimia dalam air yang didesinfeksi

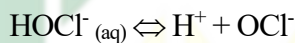
a) Reaksi gas klor (Cl_2) dalam air yang diberikan desinfektan



$\text{pH} > 1 \rightarrow$ Reaksi bergeser ke arah kanan

$\text{pH} > 2 \leftarrow$ Reaksi bergeser ke arah kiri

Kemudian senyawa HOCl^- dapat teroksidasi berdasarkan persamaan kimia berikut:



$\text{pH} < 6 \rightarrow$ HOCl sangat sedikit terdisosiasi

$\text{pH} > 2 \leftarrow$ HOCl terdisosiasi

Oleh karena pH air hasil pengolahan berada pada kisaran 6,0 – 8,0; maka senyawa yang akan terbentuk adalah H^+ dan OCl^- .

b) Sebelum HOCl terdisosiasi menjadi H^+ dan OCl^- semuanya, sejumlah HOCl bereaksi dulu dengan NH_3 terlarut

Pembentukan monochloramine

	$\text{NH}_3 (\text{ag})$	+	$\text{HOCl} (\text{aq})$	\rightleftharpoons	$\text{NH}_2\text{Cl} (\text{aq})$	+	H_2O
Awal	0,0038		\approx		0,0000		0,0000
Reaksi	0,0013		0,0013		0,0013		0,0013
Sisa	0,0025		\approx		0,0013		0,0013

Pembentukan dichloramine

	$\text{NH}_2\text{Cl} (\text{aq})$	+	$\text{HOCl} (\text{aq})$	\rightleftharpoons	$\text{NHCl}_2 (\text{aq})$	+	H_2O
Awal	0,0013		\approx		0,0000		0,0000
Reaksi	0,0013		0,0013		0,0013		0,0013
Sisa	0,0000		\approx		0,0013		0,0013

Oleh karena pH air hasil pengolahan berada pada kisaran 6,0 – 8,0, maka senyawa-senyawa yang terbentuk cenderung pada senyawa

monochloramine dan dichloramine. Rinciannya sebagai berikut:
(Tchobanoglous, 2003)

pH lebih besar 8,5 akan cenderung membentuk monochloramine;

pH antara 5,5 – 8,5 akan membentuk monochloramine dan dichloramine;

pH antara 4,5 – 8,5 akan membentuk dichloramine;

pH antara 4,4 akan cenderung membentuk trichloramine.

c) Nitrit dalam air akan teroksidasi menjadi nitrate oleh asam hipoklorus

Pembentukan nitrate

	$\text{NO}_2(\text{aq})$	+	$\text{HOCl}(\text{l})$	\Leftrightarrow	$\text{NO}_3(\text{aq})$	+	$\text{HCl}(\text{aq})$
Awal	0,0040		≈		0,0000		0,0000
Reaksi	0,0002		0,0002		0,0002		0,0002
Sisa	0,0038		≈		0,0002		0,0002

Pembentukan nitrogen oksida

	6Cl^-	+	2NO	+	8H^+	\Leftrightarrow	3Cl_2	+	2NO	+	$4\text{H}_2\text{O}$
Awal	35,500		0,0421		≈		0,0000		0,0000		0,0000
Reaksi	0,0532		0,0177		0,0708		0,0266		0,0177		0,0708
Sisa	35,447		0,0244		≈		0,0266		0,0177		0,0708

$$\text{HOCl (milimol)} = 0,0013 + 0,0013 + 0,0002 = 0,0028 \text{ mmol}$$

Dengan keterangan bahwa, semua perhitungan reaksi kimia dalam satuan mol merupakan massa senyawa dibagi massa molekul atau atom relatifnya.

2) Langkah 2: reaksi kimia logam-logam terlarut dengan desinfeksi

Pembentukan nitrate

	$2\text{Fe}_2(\text{aq})$	+	$\text{Cl}_2(\text{aq})$	\Leftrightarrow	$2\text{Fe}_2\text{Cl}_3$
Awal	0,0003		≈		0,0000
Reaksi	0,0001		0,0001		0,0001
Sisa	0,0002		≈		0,0001

Pembentukan nitrate

	$\text{Mn}(\text{aq})$	+	$\text{Cl}_2(\text{l})$	\Leftrightarrow	MnCl_2
Awal	0,0009		≈		0,0000

Reaksi	0,0003	0,0003	0,0003
Sisa	0,0006	≈	0,0003

Pembentukan nitrate

	$2Al_{(aq)}$	+	$3Cl_{2(l)}$	\Leftrightarrow	$2AlCl_{3(aq)}$
Awal	0,0093		≈		0,0000
Reaksi	0,0070		0,0105		0,0070
Sisa	0,0023		≈		0,0070

Cl_2 (milimol) adalah $0,0001 + 0,0003 + 0,0105 = 0,0109$ mmol

3) Langkah 3: kebutuhan minimum gas Cl_2 untuk desinfeksi

Berdasarkan perhitungan $HOCl$ dan Cl_2 ; maka jumlah Cl_2 yang ditambahkan ke dalam air hasil olahan untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimiawi.

$$Cl_2 = (0,0028 + 0,0109) \text{ mmol}$$

$$Cl_2 = 0,0137 \text{ mmol} \times 71 \text{ mg/mmol}$$

$$Cl_2 = 0,9727$$

$$Cl_2 \approx 1,0 \text{ mg/Liter}$$

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan, untuk menghasilkan air yang bersih tanpa adanya mikroorganisme patogen dalam air diperlukan tambahan 1 mg/Liter gas Cl_2 untuk memperoleh sisa klor yang tersedia dalam air sebesar 0,5 mg/Liter, maka perhitungannya menjadi sebagai berikut:

$$Cl_2 = (1 + 1) \text{ mg/Liter}$$

$$Cl_2 = 2 \text{ mg/Liter}$$

4) Langkah 4: perhitungan kebutuhan gas klor untuk pembubuhan

Banyaknya gas Cl_2 yang diperlukan untuk proses desinfeksi adalah sebagai berikut:

a) Kebutuhan total desindefektan

$$W_{des} = Q_{olah} \times dosis \times \text{Kemurnian}$$

$$W_{des} = \frac{4,6602 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times \frac{2,2 \text{ mg}}{\text{Liter}} \times 90\%$$

$$W_{des} = \frac{111,85 \text{ m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1000 \text{ Liter}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{2,2 \text{ mg}}{\text{Liter}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \times 99\%$$

$$W_{des} = 0,2436 \text{ kg/hari}$$

b) Periode penggantian tabung gas klor ukuran berat 150 kg

$$W_{klor} = \frac{10 \text{ kg}}{0,2436 \text{ kg/hari}}$$

$$W_{klor} = 41,05 \text{ hari atau } 985,22 \text{ jam}$$

Jadi periode penggantian tabung gas klor ukuran 10 kg untuk desinfektan dilakukan setiap 41,05 hari atau 985,22 jam.

c) Debit pembubuhan desinfeksi dan keran pembubuh

$$Q_{klor} = \frac{0,2436 \text{ kg/hari}}{3,214 \text{ gram/liter}} \times \frac{1000 \text{ gram}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ hari}}{1.440 \text{ jam}}$$

$$Q_{klor} = 0,053 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Stroke} = \frac{0,053 \text{ liter/jam}}{1 \text{ liter/jam}} \times 100\%$$

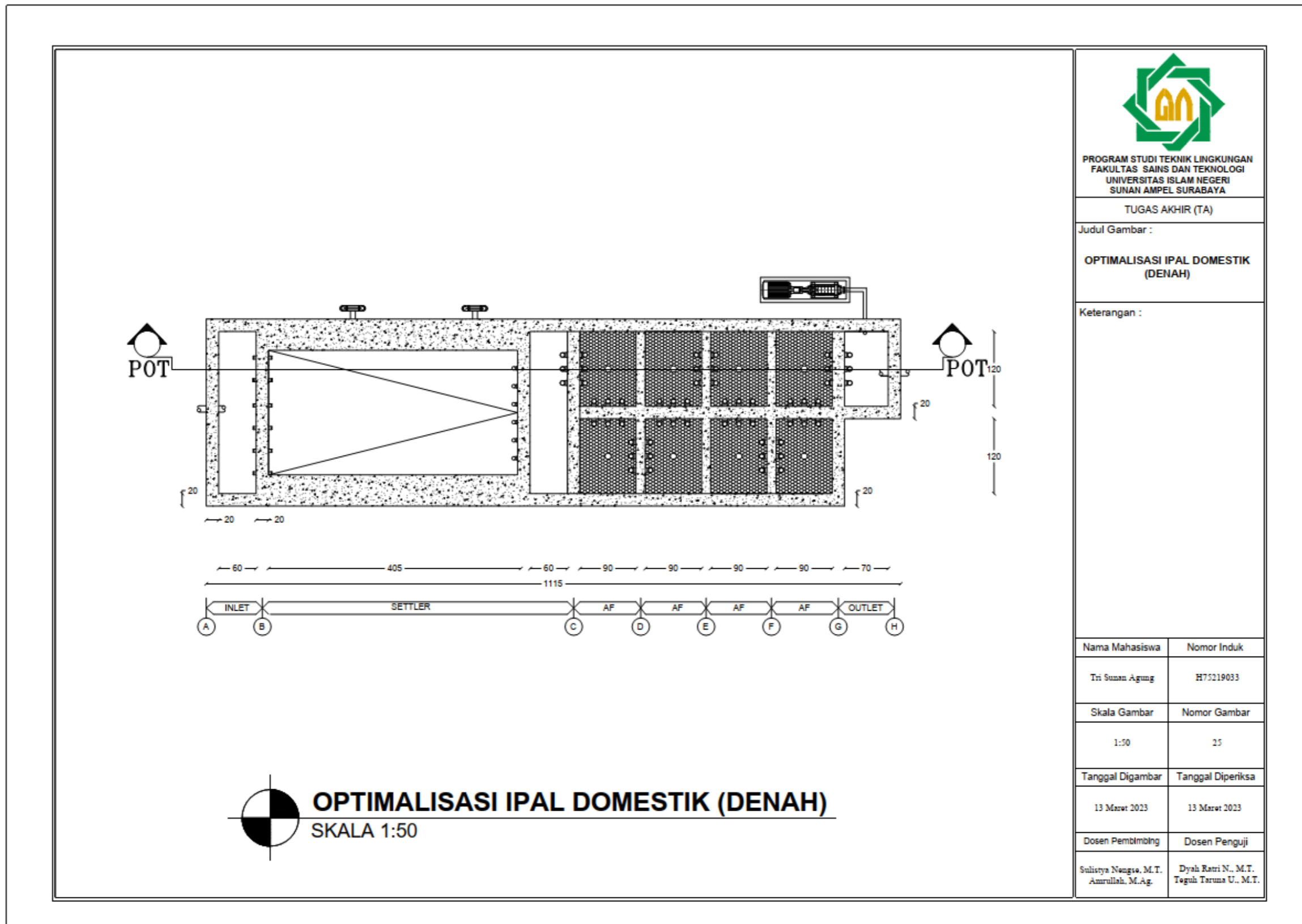
$$\text{Stroke} = 5,3 \%$$

Jikalau optimalisasi direncanakan menggunakan pompa dengan kapasitas 1 liter/jam, maka bukaan keran yang diperlukan untuk kebutuhan desinfeksi di SPALD-T Desa Gundik adalah 5%. Adapun pump yang direncanakan berjenis dosing pump Ailipu tipe JM - 1 liter per jam dengan harga Rp. 2.665.000,00-.

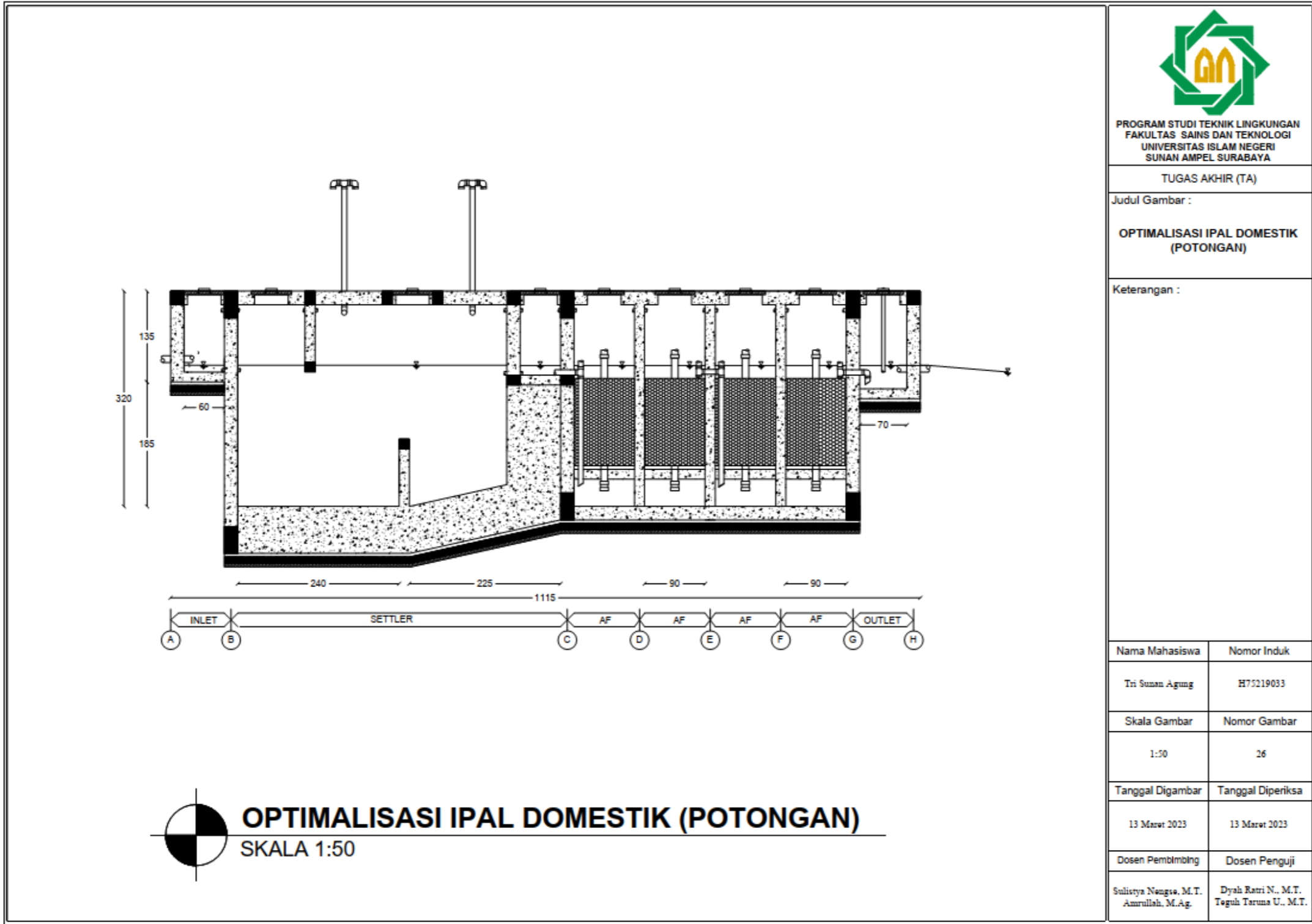


Gambar 5. 27 Rencana Pompa Klorinasi Ailipu tipe JM

Sumber: Ailipu (2022)



Gambar 5. 28 Optimalisasi IPAL Domestik (Denah) Sub-sistem Pengolahan



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN AMPEL SURABAYA

TUGAS AKHIR (TA)

Judul Gambar :
**OPTIMALISASI IPAL DOMESTIK
(POTONGAN)**

Keterangan :

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Tri Sunan Agung	H75219033
Skala Gambar	Nomor Gambar
1:50	26
Tanggal Digambar	Tanggal Diperiksa
13 Maret 2023	13 Maret 2023
Dosen Pembimbing	Dosen Penguji
Sulistya Ningsa, M.T. Amrullah, M.Ag.	Dyah Ratri N., M.T. Teguh Taruna U., M.T.

Gambar 5. 29 Optimalisasi IPAL Domestik (Potongan) Sub-sistem Pengolahan

5.3.2. Optimalisasi Operasional dan Pemeliharaan

Operasi merupakan kegiatan atau prosedur yang dilakukan dalam SPALD-T dari tahap sub-sistem pelayanan, penyaluran, dan pengolahan. Pelayanan yang meliputi bagian pada setiap sambungan rumah (SR). Pengumpulan yang meliputi manhole dan pipa lateral penghubung SR hingga unit pengolahan. Pengolahan air limbah domestik dilaksanakan pada unit IPALD yang terdiri dari Bak Inlet, Bak Pengendap, Anaerobik Filter, dan Bak Outlet + Desinfeksi.

Pemeliharaan adalah usaha untuk menjaga kualitas, kuantitas dan kontinuitas dari unit SPALD-T dan air limbah hasil olahannya. Pemeliharaan yaitu segala upaya dan biaya yang diperlukan sehingga suatu alat atau sistem dapat berjalan dengan baik tanpa ada permasalahan yang timbul. Pengertian pemeliharaan secara langsung artinya pemeliharaan terhadap seluruh faktor produksi, sebagai contoh tidak hanya mesin-mesin peralatan saja yang perlu dirawat, tetapi tenaga manusia yang mengoperasikan peralatan tersebut juga perlu dibina dan diarahkan agar selalu memberikan kontribusi yang maksimal.

A. Optimalisasi Operasional dan Pemeliharaan Sub-bab Pelayanan

Pengoperasian Sub-sistem Pelayanan meliputi bagian yang secara operasional merupakan tanggung jawab masyarakat atau pengguna dan sebagian lagi menjadi tanggung jawab penyelenggara SPALD. Pembagian tanggung jawab pengoperasian tersebut antara lain:

- a. Masyarakat atau pengguna bertanggung jawab mengoperasikan dan memelihara prasarana dan sarana yang berada dalam wilayah persilnya berupa pipa tinja, pipa non tinja, bak penangkap lemak, dan bak kontrol;
- b. Penyelenggara SPALD-T bertanggungjawab mengoperasikan dan memelihara lubang inspeksi.

Optimalisasi operasional sub-bab pelayanan didasarkan kepada hasil evaluasi sebelumnya. Adapun SOP dari sub-bab pelayanan adalah sebagai berikut:

1. Tujuan

Tujuan dari prosedur ini adalah untuk memberikan pedoman kepada Seksi Operasi dan Pemeliharaan dan Masyarakat di setiap SR mengenai tata cara pelaksanaan SOP sub-sistem pelayanan SPALD-T, sehingga tercapai keseragaman tindakan dalam OP pada bagian pipa tinja, pipa non-tinja, bak penangkap lemak, pipa persil, dan bak kontrol.

2. Ruang Lingkup

Ruang lingkup prosedur ini meliputi semua aktivitas yang tercakup dalam pembersihan lemak dan kotoran yang mengambang di bak penangkap lemak, perawatan dan pemeliharaan untuk menghindari tersumbatnya air limbah pada pipa dan bak kontrol.

3. Referensi

- a. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2017 tentang “Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik”;
- b. Buku A Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) PUPR Tahun 2018;
- c. Keputusan Kepala Desa Gundik: Program Sanitasi Berbasis Masyarakat Nomor: 141/32/405.30.01.19/2021 tentang “Pembentukan Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara Bantuan Pemerintah”.

4. Definisi

Operasi dan pemeliharaan sub-sistem pelayanan adalah kegiatan atau prosedur yang harus dilaksanakan oleh Seksi Operasi dan Pemeliharaan dan Masyarakat di setiap SR yang dimaksudkan agar kualitas dan kuantitas air limbah dari pipa sumber hingga bak kontrol lancar, serta air limbah dapat masuk ke pipa penyaluran lateral dengan baik.

5. Sistem Pengendalian Manajemen

Memperoleh kepastian air limbah dari sumbernya mengalir lancar menuju ke pipa penyaluran lateral.

6. Unit Organisasi Terkait

- a. Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- b. Masyarakat di setiap SR
- c. Ketua Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara

7. Bentuk Pengeluaran Laporan

Rincian bentuk pengeluaran laporan terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 30 Rencana Pengeluaran Laporan Sub-sistem Pelayanan

Dibuat Oleh	Nama Laporan	Periode Saji	Disampaikan Kepada
Masyarakat	Laporan OP Sub-sistem pelayanan	Harian	Seksi Operasi dan Pemeliharaan
Seksi Operasi dan Pemeliharaan	Rekap Laporan OP Sub-sistem Pelayanan	Mingguan	Ketua Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara

Adapun contoh pelaporan sub-sistem pelayanan sebagai berikut:

- a. Laporan Harian Sub-sistem Pelayanan

Berikut contoh laporan harian sub-sistem pelayanan yang diisi oleh masyarakat di setiap sambungan rumah:

Tabel 5. 31 Contoh Laporan Harian Sub-sistem Pelayanan

LAPORAN HARIAN SUB-SISTEM PELAYANAN				
Nama:				
Hari, Tanggal:				
No.	Uraian	Kondisi dan Permasalahan	Operasi dan Perawatan	
			Sudah	Belum
1.	Pembersihan lemak dan kotoran yang mengambang pada bak pengendap			
2.	Pembersihan akumulasi sampah pada bak kontrol			

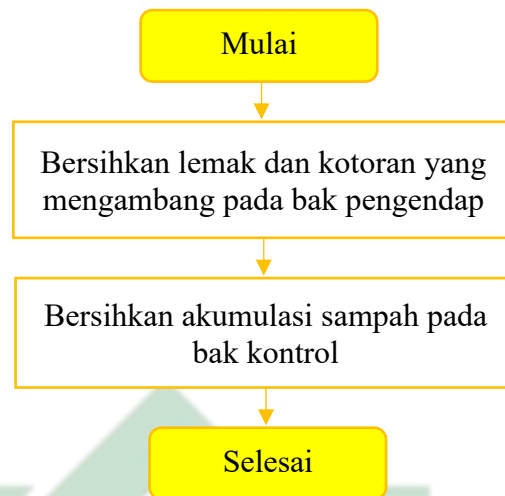
b. Laporan Rekap Sub-sistem Pelayanan

Berikut contoh laporan mingguan sub-sistem pelayanan yang direkap oleh seksi operasi dan pelayanan KPP SPALD-T:

Tabel 5. 32 Contoh Laporan Mingguan Sub-sistem Pelayanan

LAPORAN MINGGUAN SUB-SISTEM PELAYANAN				
Periode Minggu ke-n :				
Bulan:				
No.	Uraian	Kondisi dan Permasalahan	Total Operasi dan Perawatan	
			Sudah	Belum
1.	... (SR 1)			
2.	... (SR 2)			
3.	... (SR 3)			
4.	... (SR 4)			
	Dan seterusnya...			

8. Alur Prosedur



Gambar 5. 30 Rencana Alur Prosedur OP Sub-sistem Pelayanan

9. Uraian Alur Prosedur

Adapun uraian alur prosedur OP Sub-sistem Pelayanan adalah berikut:

- a. Masyarakat membersihkan lemak dan kotoran yang mengambang pada bak pengendap. Pengecekan kondisi sebaiknya 1 hari sekali.
- b. Masyarakat membersihkan akumulasi sampah pada bak kontrol. Pengecekan kondisi sebaiknya 1 hari sekali.

B. Optimalisasi Operasional dan Pemeliharaan Sub-bab Pengumpulan

Pengoperasian Sub-sistem Pengumpulan dilaksanakan dengan tujuan untuk tercapainya pengumpulan dan pengaliran air limbah domestik dari Sub-sistem Pelayanan sampai ke Sub-sistem Pengolahan Domestik. Kegiatan pengumpulan air limbah domestik dilaksanakan dengan mengkombinasikan pengaliran secara gravitasi dan pemompaan.

Optimalisasi operasional sub-bab pengumpulan didasarkan kepada hasil evaluasi sebelumnya. Adapun SOP dari sub-bab pengumpulan adalah sebagai berikut:

1. Tujuan

Tujuan dari prosedur ini adalah untuk memberikan pedoman kepada Seksi Operasi dan Pemeliharaan mengenai tata cara pelaksanaan SOP sub-sistem pengumpulan SPALD-T, sehingga tercapai keseragaman

tindakan dalam OP pada bagian pengoperasian jaringan pipa retikulasi dan pipa induk air limbah domestik, serta sarana dan prasana pelengkapannya.

2. Ruang Lingkup

Ruang lingkup prosedur ini meliputi semua aktivitas yang tercakup dalam pengoperasian jaringan pipa retikulasi dan pipa induk air limbah domestik, serta sarana dan prasana pelengkapannya.

3. Referensi

- a. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2017 tentang “Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik”;
- b. Buku A Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) PUPR Tahun 2018;
- c. Keputusan Kepala Desa Gundik: Program Sanitasi Berbasis Masyarakat Nomor: 141/32/405.30.01.19/2021 tentang “Pembentukan Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara Bantuan Pemerintah”.

4. Definisi

Operasi dan pemeliharaan sub-sistem penyaluran adalah kegiatan atau prosedur yang harus dilaksanakan oleh Seksi Operasi dan Pemeliharaan yang dimaksudkan agar kualitas dan kuantitas air limbah dari bak kontrol hingga saluran perpipaan utama lateral, serta air limbah dapat masuk ke Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD).

5. Sistem Pengendalian Manajemen

Memperoleh kepastian air limbah dari sumbernya mengalir lancar menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD).

6. Unit Organisasi Yang Terkait

- a. Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- b. Ketua Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara

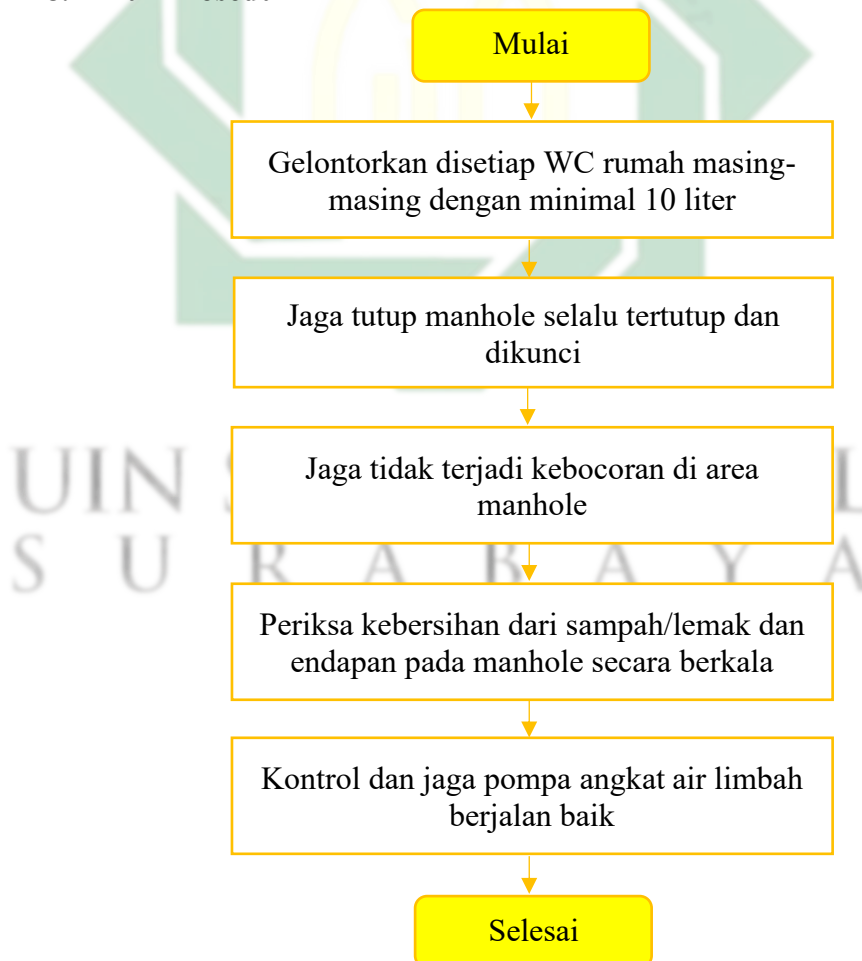
7. Laporan Yang Digunakan

Rincian bentuk pengeluaran laporan terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 33 Rencana Pengeluaran Laporan Sub-sistem Pengumpulan

Dibuat Oleh	Nama Laporan	Periode Saji	Disampaikan Kepada
Seksi Operasi dan Pemeliharaan	Laporan OP Sub-sistem Pengumpulan	Harian	Ketua Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara

8. Alur Prosedur



Gambar 5. 31 Rencana Alur Prosedur OP Sub-sistem Pengumpulan

9. Uraian Alur Prosedur

Adapun uraian alur prosedur OP Sub-sistem Pengumpulan adalah berikut:

- a. Masyarakat menggelontorkan disetiap WC rumah masing-masing dengan minimal 10 liter setiap harinya.
- b. Seksi Operasi dan Pemeliharaan menjaga tutup manhole selalu tertutup dan dikunci.
- c. Seksi Operasi dan Pemeliharaan menjaga tidak terjadi kebocoran di area manhole.
- d. Seksi Operasi dan Pemeliharaan memeriksa kebersihan dari sampah/lemak dan endapan pada manhole secara berkala sehari sekali.
- e. Seksi Operasi dan Pemeliharaan mengecek dan menjaga pompa angkat berjalan baik. Pompa angkat dibutuhkan apabila kedalaman penanaman pipa telah mencapai kedalaman maksimum perlu diangkat kembali pada level yang diizinkan dengan menggunakan *lift pump* dalam *sump pit*.

C. Optimalisasi Operasional dan Pemeliharaan Sub-bab Pengolahan

Tanggung jawab penuh atas IPALD sebelum pengoperasian antara lain sebagai berikut:

- a) Mengorganisir dan menginstruksikan tindakan yang tepat kepada personel untuk mengoperasikan IPALD;
- b) Menentukan kondisi pengoperasian aktual dari waktu ke waktu dengan mempertimbangkan flow rate, kualitas influen dan efluen, sudut pandang ekonomis, usia setiap peralatan;
- c) Mengkonfirmasi kegiatan harian dalam sistem pengoperasian IPALD; dan
- d) Menjelaskan sistem operasional kepada operator berkaitan dengan detail pengoperasian, pencatatan data pengoperasian, memelihara kebersihan lokasi, dan pengamanan.

Setelah persiapan telah selesai, dilakukan optimalisasi operasional. Optimalisasi operasional sub-bab pengolahan didasarkan kepada hasil evaluasi sebelumnya. Adapun SOP dari sub-bab pengolahan adalah sebagai berikut:

1. Tujuan

Tujuan dari prosedur ini adalah untuk memberikan pedoman kepada Seksi Operasi dan Pemeliharaan mengenai tata cara pelaksanaan SOP sub-sistem pengolahan SPALD-T, sehingga tercapai keseragaman tindakan dalam OP pada bagian pengoperasian unit Bak Inlet, Bak Pengendap, Anaerobik Filter, Bak Inlet, dan Desinfeksi.

2. Ruang Lingkup

Ruang lingkup prosedur ini meliputi semua aktivitas yang tercakup dalam pengoperasian unit Bak Inlet, Bak Pengendap, Anaerobik Filter, Bak Inlet, dan Desinfeksi.

3. Referensi

- a. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 04/PRT/M/2017 tentang “Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik”;
- b. Buku B Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) PUPR Tahun 2018;
- c. Keputusan Kepala Desa Gundik: Program Sanitasi Berbasis Masyarakat Nomor: 141/32/405.30.01.19/2021 tentang “Pembentukan Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara Bantuan Pemerintah”.

4. Definisi

Operasi dan pemeliharaan sub-sistem pengolahan adalah kegiatan atau prosedur yang harus dilaksanakan oleh Seksi Operasi dan Pemeliharaan yang dimaksudkan agar kualitas dan kuantitas air limbah dari sebelum

dan sesudah melewati Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD).

5. Sistem Pengendalian Manajemen

Memperoleh kepastian air limbah mengalir lancar sebelum dan sesudah melewati Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD). Dengan catatan hasil akhir olahan dibawah baku mutu PermenLHK No. 68 Tahun 2016.

6. Unit Organisasi Yang Terkait

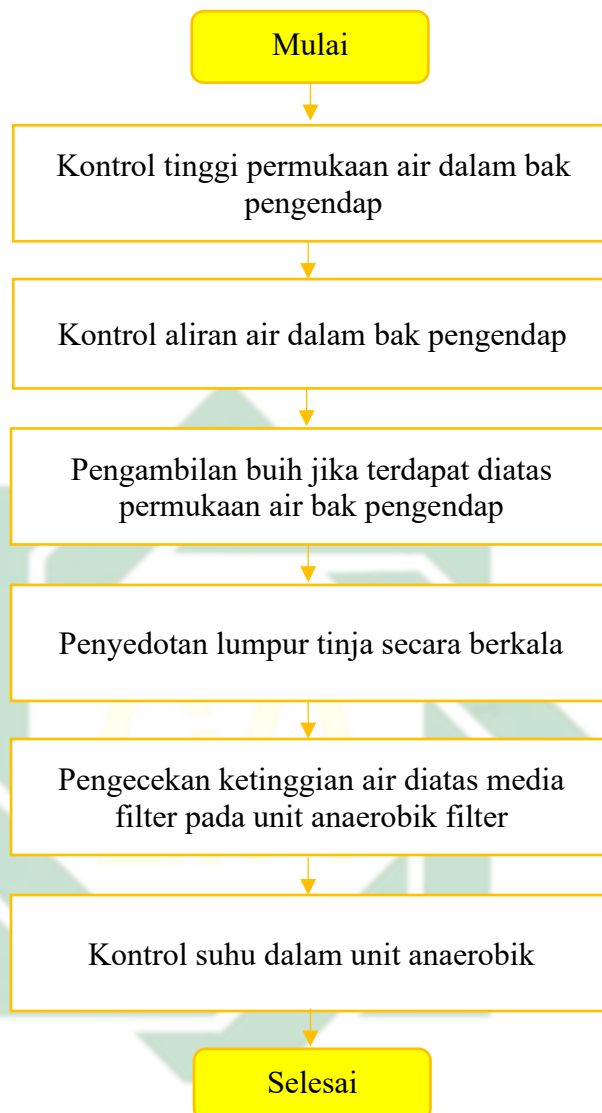
- a. Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- b. Ketua Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara

7. Laporan Yang Digunakan

Dibuat Oleh	Nama Laporan	Periode Saji	Disampaikan Kepada
Seksi Operasi dan Pemeliharaan	Laporan OP Sub-sistem Pengolahan	Harian	Ketua Kelompok Pemanfaat dan Pemelihara

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

8. Alur Prosedur



Gambar 5. 32 Rencana Alur Prosedur OP Sub-sistem Pengolahan

9. Uraian Alur Prosedur

Adapun uraian alur prosedur OP Sub-sistem Pengolahan adalah berikut:

- Seksi Operasi dan Pemeliharaan melakukan pengecekan tinggi permukaan air dalam bak pengendap setiap hari.
- Seksi Operasi dan Pemeliharaan melakukan pengecekan aliran air dalam bak pengendap setiap hari.
- Seksi Operasi dan Pemeliharaan melakukan pengambilan buih jika terdapat diatas permukaan air bak pengendap.

- d. Seksi Operasi dan Pemeliharaan melakukan penyedotan lumpur tinja secara berkala selama 2 tahun sekali sesuai dengan perencanaan awal.
- e. Seksi Operasi dan Pemeliharaan melakukan pengecekan ketinggian air diatas media filter pada unit anaerobik filter setiap hari.
- f. Seksi Operasi dan Pemeliharaan melakukan kontroling suhu dalam unit anaerobik supaya tidak terlalu panas setiap hari.

5.3.3. Optimalisasi Kelembagaan

Kelembagaan berasal dari kata lembaga, yang berarti aturan dalam organisasi atau kelompok masyarakat untuk membantu anggotanya agar dapat berinteraksi satu dengan yang lain untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Kelembagaan SPALD-T yang baik dapat menciptakan lingkungan pengelolaan air limbah domestik terbaik. Optimalisasi kelembagaan SPALD-T Desa Gundik terdiri dari beberapa aspek sebagai berikut:

1. Optimalisasi Kondisi Keuangan

Optimalisasi pada bidang ini adalah terbentuknya siklus keuangan yang baik didalam ekosistem SPALD-T Desa Gundik. Adapun yang perlu dioptimalisasi adalah sebagai berikut:

- a. Neraca awal. Hal ini berisi kondisi dan jumlah uang/dana setelah serah terima Dinas DPUPKP Ponorogo ke KPP yang bertugas. Dimana uang berkisar sekitar Rp.2.000.000,00-.
- b. Rincian biaya operasional setiap hari maupun hingga per bulan, sedangkan non operasi, seperti gaji pengurus KPP SPALD-T Desa Gundik.
- c. Rincian pendapatan operasi, seperti iuran pelanggan selama setiap bulannya (dapat berkisar antara Rp.5.000,00--Rp.15.000,00-), sedangkan non operasi, seperti sumbangan yang tidak mengikat.
- d. Perhitungan laba dan rugi akibat pemasukan dan pengeluaran dana dicatat dengan detail.

e. Neraca akhir. Hal ini berisi laporan akhir setiap bulannya setelah berjalannya SPALD-T dengan pemasukan dan pengeluaran dana yang terjadi.

Adapun perhitungan NPV (*Net Present Value*) dari pengoperasian SPALD-T ini adalah sebagai berikut:

Diketahui:

A. Kas Awal KPP SPALD-T

Kas awal pembangunan hingga sekarang tersisa Rp. 700.000,00-

B. Pemasukan Per-Bulan

Pemasukan pasti:

Iuran dari sambungan rumah adalah Rp. 15.000/bulan. Maka jika 50 SR didapatkan uang sebesar Rp. 750.000/bulan.

Pemasukan non-pasti:

Berupa usaha-usaha halal tertentu maupun sumbangan tidak mengikat, asumsi sebesar Rp. 150.000,00-/bulan.

Total pemasukan adalah Rp. 900.000,00-

C. Pengeluaran Per-Bulan

Pengeluaran operasional:

Desinfeksi : Rp. 714.000,00 / 3 bulan

: Rp. 248.000,00 / bulan

OP lain : Rp. 30.000,00 / bulan

Pengeluaran tenaga pengurus:

Ketua : Rp. 125.000,00

Sekretaris : Rp. 100.000,00

Bendahara : Rp. 100.000,00

Seksi UD : Rp. 50.000,00

Seksi OP : Rp. 150.000,00 (2 orang)

Seksi PK : Rp. 50.000,00

Total Pengeluaran adalah Rp. 823.000,00

D. Keuntungan Per-Tahun

= Rp. 900.000,00 - Rp. 823.000,00

= Rp. 77.000,00 x 12 bulan

= Rp. 924.000,00

Total keuntungan per tahun adalah sebesar Rp. 924.000,00

Ditanya:

Berapakah nilai NPV nya pada interest 5%, 20%, dan 50%?

Jawab:

Net Present Value merupakan penggunaan metode untuk mengetahui adanya selisih antara nilai pengembangan masa depan yang diubah menjadi nilai masa kini (menggunakan *discount rate*). Menurut (Sari, Sawaki, dan Sabarofek, 2018) rumus NPV sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(C)t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(Co)t}{(1+i)^t}$$

Keterangan :

NPV = nilai sekarang bersih

(C)t = aliran kas masuk tahun ke-t

(Co)t = aliran kas keluar tahun ke-t

n = umur investasi (tahun)

i = arus pengembalian (ROR)

t = tahun

Proyek pembangunan akan dikatakan layak, jika nilai NPV bernilai positif (+) dan tidak layak jika negatif (-). Dengan rumus tersebut, diketahui nilai NPV Operasional dan Pemeliharaan SPALD-T adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 34 Hasil Hitung NPV 5%

Tahun Ke-n	Costflow	Present Value	Interest
0	Rp 700.000,00	Rp 700.000,00	5%
1	Rp 924.000,00	Rp 880.000,00	
2	Rp 924.000,00	Rp 838.095,24	
3	Rp 924.000,00	Rp 798.185,94	
4	Rp 924.000,00	Rp 760.177,09	
5	Rp 924.000,00	Rp 723.978,18	
6	Rp 924.000,00	Rp 689.503,03	
7	Rp 924.000,00	Rp 656.669,55	
8	Rp 924.000,00	Rp 625.399,57	
9	Rp 924.000,00	Rp 595.618,64	

Tahun Ke-n	Costflow	Present Value	Interest
10	Rp 924.000,00	Rp 567.255,85	
NPV	Manual	Rp	7.834.883,07
	Rumus	Rp	7.834.883,07

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Tabel 5. 35 Hasil Hitung NPV 20%

Tahun Ke-n	Costflow	Present Value	Interest
0	Rp 700.000,00	Rp 700.000,00	20%
1	Rp 924.000,00	Rp 770.000,00	
2	Rp 924.000,00	Rp 641.666,67	
3	Rp 924.000,00	Rp 534.722,22	
4	Rp 924.000,00	Rp 445.601,85	
5	Rp 924.000,00	Rp 371.334,88	
6	Rp 924.000,00	Rp 309.445,73	
7	Rp 924.000,00	Rp 257.871,44	
8	Rp 924.000,00	Rp 214.892,87	
9	Rp 924.000,00	Rp 179.077,39	
10	Rp 924.000,00	Rp 149.231,16	
NPV	Manual	Rp	4.573.844,21
	Rumus	Rp	4.573.844,21

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Tabel 5. 36 Hasil Hitung NPV 50%

Tahun Ke-n	Costflow	Present Value	Interest
0	Rp 700.000,00	Rp 700.000,00	50%
1	Rp 924.000,00	Rp 616.000,00	
2	Rp 924.000,00	Rp 410.666,67	
3	Rp 924.000,00	Rp 273.777,78	
4	Rp 924.000,00	Rp 182.518,52	
5	Rp 924.000,00	Rp 121.679,01	
6	Rp 924.000,00	Rp 81.119,34	
7	Rp 924.000,00	Rp 54.079,56	
8	Rp 924.000,00	Rp 36.053,04	
9	Rp 924.000,00	Rp 24.035,36	
10	Rp 924.000,00	Rp 16.023,57	
NPV	Manual	Rp	2.515.952,85
	Rumus	Rp	2.515.952,85

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Selain NPV, terdapat perhitungan IRR (*Internal Rate of Return*) dari pengoperasian SPALD-T ini adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Perhitungan IRR hanya dapat dilakukan jika nilai awal investasi adalah minus. Oleh karena itu, peneliti berencana untuk menggunakan RAB optimalisasi sebagai investasi awal.

A. RAB Optimalisasi SPALD-T (investasi)

RAB didapatkan sebesar Rp.627.000.000,00- dan dikurangi dengan uang sisa kas awal sebesar Rp.700.000,00-. Sehingga didapatkan nilai investasi sebesar Rp.626.300.000,00-

B. Keuntungan Per-Tahun

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, didapatkan total keuntungan per tahun adalah sebesar Rp. 924.000,00

Ditanya:

Berapakah nilai IRR SPALD-T setelah pengeluaran RAB optimalisasi teknis?

Jawab:

Internal Rate of Return adalah metode yang digunakan untuk menghitung nilai *Discount Rate* (DR) atau *Cost of Capital* (CC) dalam kondisi NPV bernilai nol (0). Menurut (Wahyudi dan Nahdalina, 2019) rumus IRR sebagai berikut :

$$IRR = i1 + (i2 - i1) \times \frac{NPV1}{(NPV1 - NPV2)}$$

Keterangan :

i1 = bunga nilai NPV1 (positif)

i2 = bunga nilai NPV2 (negatif)

Proyek pembangunan akan dikatakan layak, jika nilai IRR lebih besar daripada nilai CC yang ditetapkan.

Tabel 5. 37 Hasil Hitung IRR Optimalisasi SPALD-T

Tahun	Costflow	Present Value	Interest
0	-Rp 636.300.000,00	-Rp 636.300.000,00	5%
1	Rp 924.000,00	Rp 880.000,00	
2	Rp 924.000,00	Rp 838.095,24	
3	Rp 924.000,00	Rp 798.185,94	
4	Rp 924.000,00	Rp 760.177,09	
5	Rp 924.000,00	Rp 723.978,18	
6	Rp 924.000,00	Rp 689.503,03	
7	Rp 924.000,00	Rp 656.669,55	
8	Rp 924.000,00	Rp 625.399,57	
9	Rp 924.000,00	Rp 595.618,64	
10	Rp 924.000,00	Rp 567.255,85	
11	Rp 924.000,00	Rp 540.243,66	
12	Rp 924.000,00	Rp 514.517,77	
13	Rp 924.000,00	Rp 490.016,93	
14	Rp 924.000,00	Rp 466.682,79	
15	Rp 924.000,00	Rp 444.459,80	
16	Rp 924.000,00	Rp 423.295,05	
17	Rp 924.000,00	Rp 403.138,14	
18	Rp 924.000,00	Rp 383.941,09	
19	Rp 924.000,00	Rp 365.658,18	
20	Rp 924.000,00	Rp 348.245,88	
IRR		-22%	

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Berdasarkan perhitungan IRR untuk NPV 5% adalah -22%, sehingga dapat disimpulkan bahwa optimalisasi SPALD-T merupakan proyek yang tidak memiliki laba (profit) yang baik dalam kurun waktu 20 tahun kedepan. Akan tetapi, optimalisasi ini dapat memberikan kelebihan lain berupa benefit seperti:

- a) Meningkatkan nilai kesehatan masyarakat dalam bidang sanitasi air limbah;
- b) Memberikan ilmu dan wawasan masyarakat tentang pengolahan air limbah itu penting;
- c) Meningkatkan nilai kelestarian lingkungan hidup, karena berpotensi mengelola air limbah supaya lebih aman dan

dibawah baku mutu jika terbuang ke badan aliran air; dan lain sebagainya.

2. Optimalisasi Kondisi Manajemen Administrasi

Optimalisasi pada bidang ini adalah terbentuknya SOP secara tertulis dan diterapkan kepada masyarakat dan pihak KPP SPALD-T Gundik. SOP tersebut diupayakan telah dikoordinasikan dan disahkan bersama pemerintah Desa Gundik, sesuai dengan garis koordinasi pada SK struktur organisasi KPP.

3. Optimalisasi Kondisi SDM

Optimalisasi pada bidang ini adalah penjelasan data pegawai beserta tugasnya dengan rinci. Detail optimalisasi sebagai berikut:

Tabel 5. 38 SDM SPALD-T Beserta Tugasnya

No.	Nama	Jabatan	Tugas
1.	Tumarji	Ketua	<ul style="list-style-type: none"> a. Berkoordinasi bersama pemerintah Desa Gundik terkait teknis, operasional, dan kelembagaan SPALD-T b. Memberikan komando kepada bendaha, sekertaris, dan seksi-seksinya dalam pelaksanaan unit SPALD-T c. Memberikan pengawasan kinerja kepada sekertaris, bendahada, dan seksi-seksinya. d. Memberikan keputusan akhir terhadap suatu forum dan dokumen. Catatan: keputusan akhir berdasarkan pertimbangan musyawarah mufakat.
2.	Sutrisno	Bendahara	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan pelaporan keuangan mulai dari neracca masuk, keluar, dan terkini. b. Berkoordinasi dengan para seksi-seksi terkait sumber dana

No.	Nama	Jabatan	Tugas
			dan pengeluaran dana sebab operasional.
3.	Suryanto	Sekretaris	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan arsip terhadap semua berkas administrasi, seperti surat-menyurat, SOP, dokumen keputusan, dan lainnya. b. Berkoordinasi dengan ketua KPP dalam mengeluarkan surat atau dokumen resmi yang berkaitan dengan SPALD-T.
4.	Miskun	Seksi Usaha dan Dana	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan usaha-usaha yang dapat menambah keuangan SPALD-T. b. Melakukan penarikan kas iuran pada setiap pelanggan secara berkala sebulan sekali.
5.	Sidik Wasono	Seksi Operasi dan Pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan kontrol teknis pada setiap sub-sistem SPALD-T b. Melakukan operasi dan pemeliharaan setiap sub-sistem SPALD-T
6.	Warsono		
7.	Suprihaten	Seksi Penyuluh dan Kesehatan	<ul style="list-style-type: none"> a. Melakukan penyuluhan kepada warga terhadap berita maupun akan diadakannya suatu forum. b. Menjadi penghubung antara KPP dan masyarakat (pelanggan) c. Melakukan pemeriksaan rutin yang berhubungan dengan kebersihann serta kesehatan SPALD-T

Selain itu, diperlukan optimalisasi mengenai badan pengawas langsung yaitu pemerintah Desa Gundik yang melakukan pemantauan secara berkala sebulan sekali terhadap kinerja kelembagaan SPALD-T Desa Gundik.

4. Optimalisasi Hukum dan Peran Masyarakat

Optimalisasi pada bidang ini adalah membentuk forum khusus kepada masyarakat yang menjadi pelanggan. Detail optimalisasi sebagai berikut:

- a. Forum diadakan oleh pihak KPP bersama masyarakat disetiap sambungan rumah (SR) setiap 1 bulan sekali.
- b. Forum diadakan untuk menilai tingkat kepuasan masyarakat terhadap kinerja teknis, operasional, maupun kelembagaan SPALD-T.

Tabel 5. 39 Form Tingkat Kepuasan Pelanggan

No.	Aspek	Nilai	Keterangan
1.	Teknis SPALD-T	...	
2.	Operasional SPALD-T	...	
3.	Kelembagaan SPALD-T	...	
Catatan: Nilai berskala 1-10 Keterangan merupakan deskripsi penilaian berdasarkan masyarakat			

- c. Forum diadakan untuk menekankan kewajiban pelanggan dalam berkontribusi dalam operasional maupun keuangan secara rutin.

5.4. BOQ dan RAB Optimalisasi SPALD-T Gundik

Adapun bagian dari perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Optimalisasi Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo, terbagi rinci pada poin-poin tahapan yaitu:

1. Penentuan Harga Satuan Bahan dan Upah, berdasarkan Peraturan Bupati Ponorogo Nomor 86 Tahun 2020 Tentang Standar

Satuan Harga Barang/Jasa Kebutuhan Pemerintah Kabupaten Ponorogo Tahun Anggaran 2021 dan kondisi pasar.

2. Penentuan Analisis Harga Satuan Pekerjaan, berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
3. Rekap Harga Satuan Pekerjaan, berdasarkan penentuan AHSP sebelumnya.
4. Penentuan Volume Pekerjaan, berdasarkan hasil optimalisasi teknis SPALD-T sebelumnya.
5. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB), berdasarkan perkalian dari volume pekerjaan dan HSP yang telah ditentukan.

(selain itu rincian perhitungan terdapat pada lampiran)



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya 60294 Telp. 031-8410298 Fax. 031-8413300

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Pekerjaan	: Optimalisasi SPALD-T RT 001 dan 002 Desa Gundik					
Bangunan	: Sub-sistem Pelayanan					
Lokasi	: Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo					
Provinsi	: Jawa Timur					
Tahun	: 2023					
No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga	Analisa
I. PEKERJAAN SUB-SISTEM PELAYANAN						
1	Pemasangan 1 buah bak kontrol pasangan bata 45 cm x 45 cm tinggi 50 cm dengan tutup beton	buah	300	Rp 709.159,00	Rp 212.747.700,00	A.5.1.1.17.
2	Pemasangan 1 m Pipa PVC tipe AW Diameter 4"	m	51	Rp 100.518,05	Rp 5.126.420,55	A.5.1.1.32.
Jumlah Total Sub-Sistem					Rp 217.874.120,55	
II. PEKERJAAN SUB-SISTEM PENGUMPULAN						
A Pekerjaan Persiapan						
1	Pembersihan dan Pengupasan Permukaan Tanah (<i>Stripping</i>)	m ²	716,8	Rp 9.257,50	Rp 6.635.776,00	1.1.f
2	Pemasangan Bowplank	m ²	716,8	Rp 31.107,50	Rp 22.297.856,00	
Jumlah					Rp 28.933.632,00	
B Pekerjaan Tanah						
1	Penggalian 1 m ³ tanah biasa sedalam s.d. 1 m untuk volume s.d. 200 m ³	m ³	148,4	Rp 67.850,00	Rp 10.068.940,00	1.7.1.1.c (a)
2	Penggalian 1 m ³ tanah biasa sedalam > 1 m s.d. 2 m untuk volume 200 s.d. 2000 m ³	m ³	604,8	Rp 66.757,50	Rp 40.374.936,00	1.7.1.1.d (a)
3	Penggalian 1 m ³ tanah biasa sedalam > 2 m s.d. 3 m untuk volume 200 s.d. 2000 m ³	m ³	798,0	Rp 75.164,00	Rp 59.980.872,00	1.7.1.1.f (a)
4	Pemadatan tanah 1 m ³	m ³	1551,2	Rp 10.699,03	Rp 16.596.327,58	1.7.14.c (a)
Jumlah					Rp 127.021.075,58	
C Pekerjaan Pipa dan Pompa						
1	Pemasangan 1 m Pipa PVC Ø 110 mm	m	1031,8	Rp 66.590,75	Rp 68.708.335,85	4.1.3. (c)
2	Pengadaan dan Pemasangan 1-set Pompa dan Perpipaan	buah	1	#####	Rp 6.626.404,66	TM.08.1.e.2)
Jumlah					Rp 75.334.740,51	
D Pekerjaan Lain-lain						
1	Pembersihan Akhir	Ls	1	Rp 200.000,00	Rp 200.000,00	Taksir
Jumlah					Rp 200.000,00	
Jumlah Total Sub-Sistem					Rp 231.489.448,09	
III. PEKERJAAN SUB-SISTEM PENGOLAHAN						
BAK INLET						
A Pekerjaan Persiapan						
1	Pemasangan Bowplank	m ²	2,4	Rp 86.077,50	Rp 206.586,00	1.1.d (c)
2	Pembongkaran Beton Kontruksi	m ³	0,00157	Rp 19.780,00	Rp 31,05	2.2.10.a.(a)
Jumlah					Rp 206.617,05	
B Pekerjaan Beton Bertulang						
1	Dinding Bak					
a.	Beton K275	m ³	0,00157	#####	Rp 1.733,72	A.4.1.1.9.
b.	Besi	Kg	0,2298009	Rp 17.876,87	Rp 4.108,12	A.4.1.1.17.
c.	Bekisting	m ²	0,00785	Rp 403.109,50	Rp 3.164,41	A.4.1.1.23.
d.	Perawatan Beton/lain-lain	m ³	1	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00	Taksir
C Pekerjaan Pipa						
1	Pemasangan 1 m Pipa PVC Ø 110 mm	m	0,4	Rp 100.518,05	Rp 40.207,22	A.5.1.1.32.
Jumlah					Rp 40.207,22	
D Pekerjaan Lain-lain						
1	Pembersihan Akhir	Ls	1	Rp 200.000,00	Rp 200.000,00	Taksir
Jumlah					Rp 200.000,00	
Jumlah Total Per-unit					Rp 446.824,27	
BAK PENGUMPUL						
A Pekerjaan Persiapan						
1	Pemasangan Bowplank	m ²	15	Rp 86.077,50	Rp 1.291.162,50	1.1.d (c)
Jumlah					Rp 1.291.162,50	
B Pekerjaan Beton Bertulang						
1	Dinding Bak					
a.	Beton K275	m ³	14,27968	#####	Rp 15.768.788,79	A.4.1.1.9.
b.	Besi	Kg	2090,11676	Rp 17.876,87	Rp 37.364.735,18	A.4.1.1.17.
c.	Bekisting	m ²	12	Rp 403.109,50	Rp 4.837.314,00	A.4.1.1.23.
d.	Perawatan Beton/lain-lain	m ³	1	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00	Taksir
Jumlah					Rp 58.020.837,97	
2	Lantai Bak					
a.	Beton K275	m ³	12,09	#####	Rp 13.350.765,31	A.4.1.1.9.
b.	Besi	Kg	1769,6133	Rp 17.876,87	Rp 31.635.138,07	A.4.1.1.17.
c.	Bekisting	m ²	8	Rp 403.109,50	Rp 3.224.876,00	A.4.1.1.23.
d.	Perawatan Beton/lain-lain	m ³	1	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00	Taksir
Jumlah					Rp 48.260.779,38	
C Pekerjaan Pipa						
1	Pemasangan 1 m Pipa PVC Ø 110 mm	m	1,2	Rp 100.518,05	Rp 120.621,66	A.5.1.1.32.
Jumlah					Rp 120.621,66	
D Pekerjaan Lain-lain						
1	Pembersihan Akhir	Ls	1	Rp 200.000,00	Rp 200.000,00	Taksir
Jumlah					Rp 200.000,00	
Jumlah Total Per-unit					Rp 107.772.779,85	
ANAEROBIK FILTER						
1	Media Filter	m ³	1,73	#####	Rp 3.024.000,00	Barang
2	Pemasangan Media Filter	Ls	1	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00	Taksir
Jumlah Total Per-unit					Rp 3.074.000,00	
BAK OUTLET						
1	Pemasangan 1 m Pipa PVC Ø 110 mm	m	7	Rp 100.518,05	Rp 703.626,35	A.5.1.1.32.
2	Pemasangan Desinfeksi	Buah	1	#####	Rp 2.865.500,00	Hitung
Jumlah Total Per-unit					Rp 3.569.126,35	
Jumlah Total Sub-Sistem					Rp 114.862.730,48	

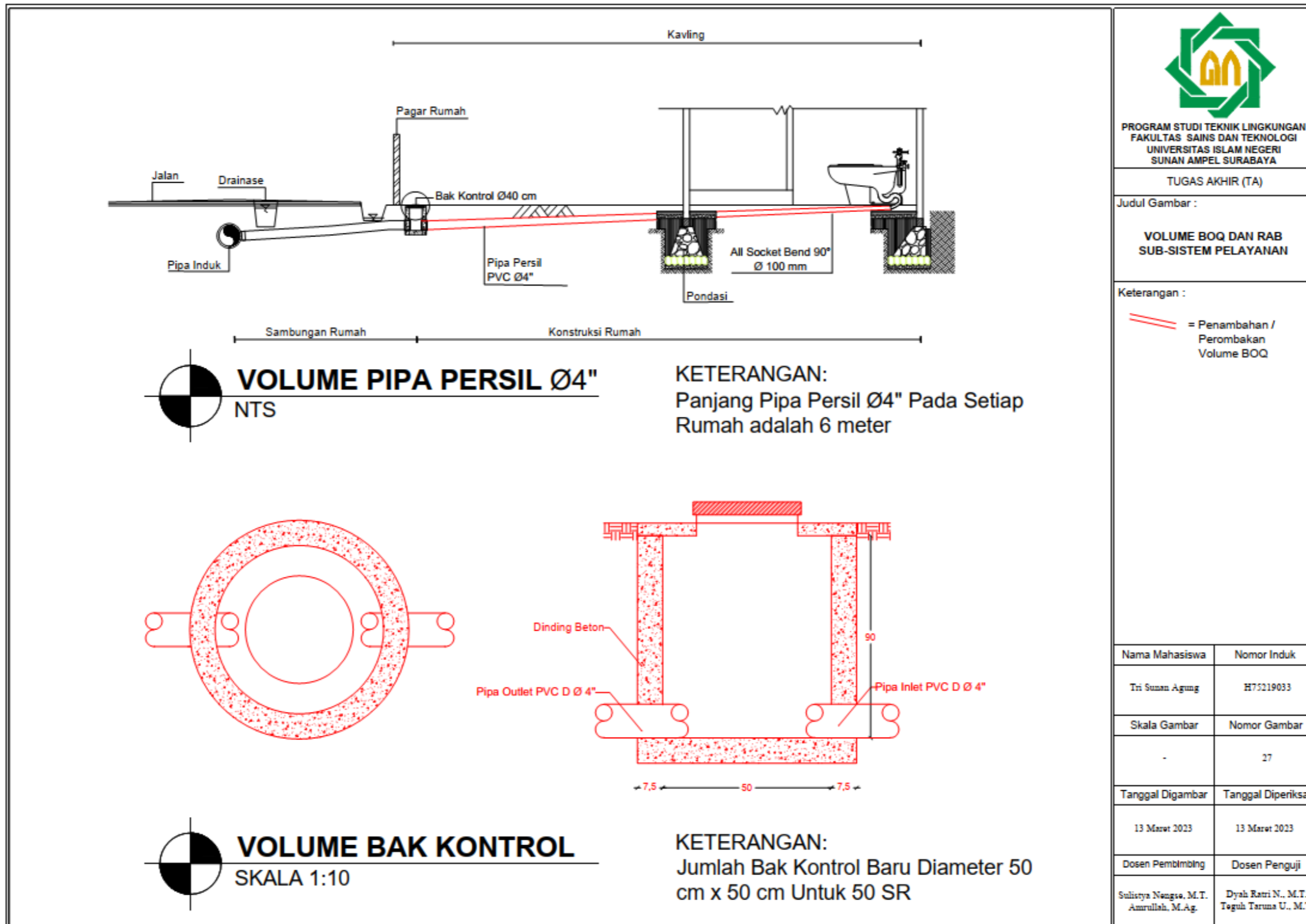
Harga Optimalisasi	Rp	564.226.299,11
PPN 11%	Rp	62.064.892,90
Total Harga Optimalisasi	Rp	626.291.192,02
Dibulatkan	Rp	627.000.000,00
<i>Terbilang: Enam Ratus Dua Puluh Tujuh Juta Rupiah</i>		

Berdasarkan hasil perhitungan BOQ dan RAB, didapatkan pengeluaran optimalisasi SPALD-T Desa Gundik adalah sebesar Rp. 627.291.192,02-. Jumlah tersebut dibulatkan menjadi Rp. 627.000.000,00- atau terbilang “enam ratus dua puluh tujuh juta rupiah”.

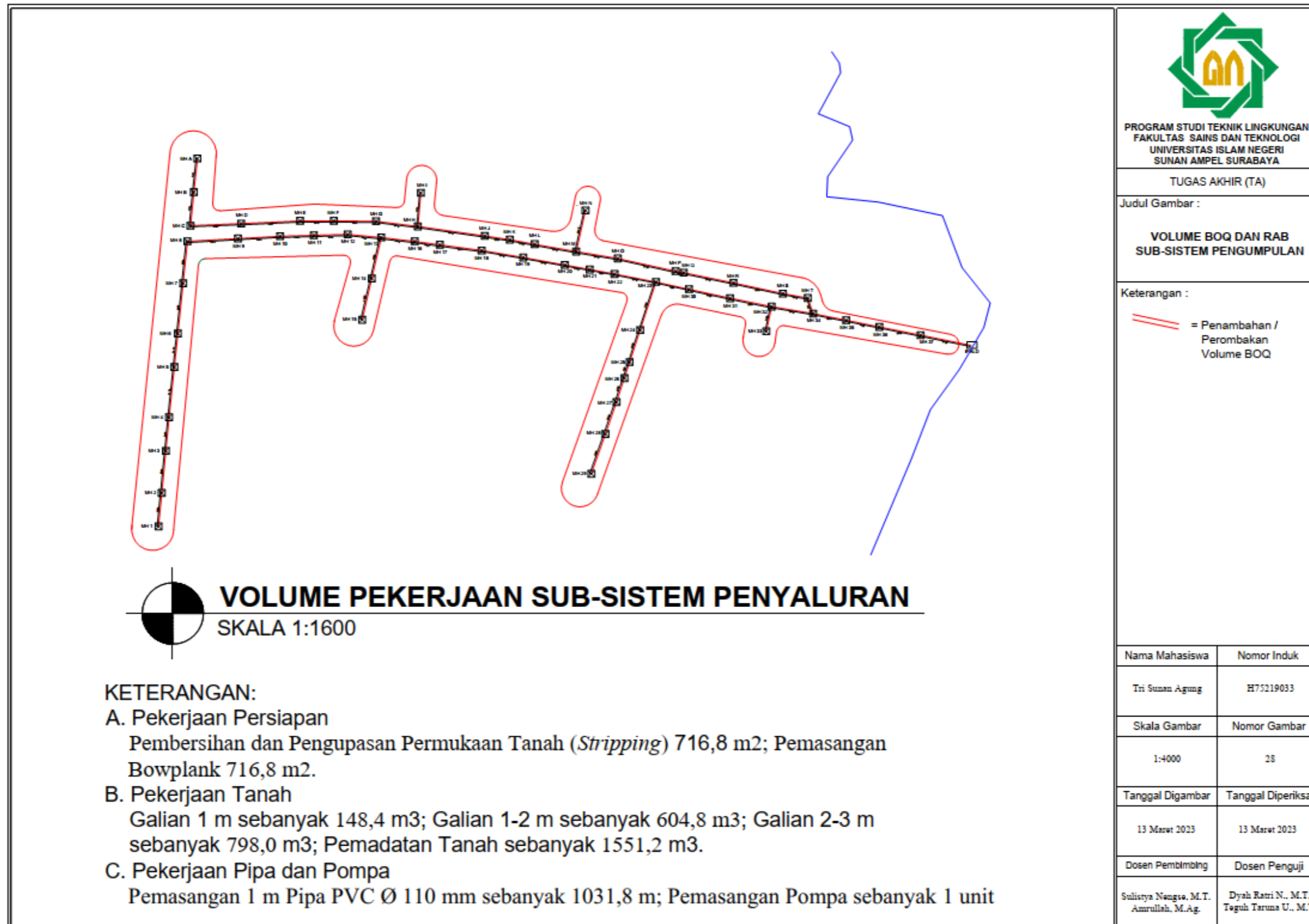
Volume perhitungan BOQ terbagi 3 yaitu: sub-sistem pelayanan, sub-sistem pengumpulan, dan sub-sistem pengolahan. Adapun rincian volume optimalisasi teknis SPALD-T Desa Gundik terdapat pada gambar-gambar sebagai berikut:



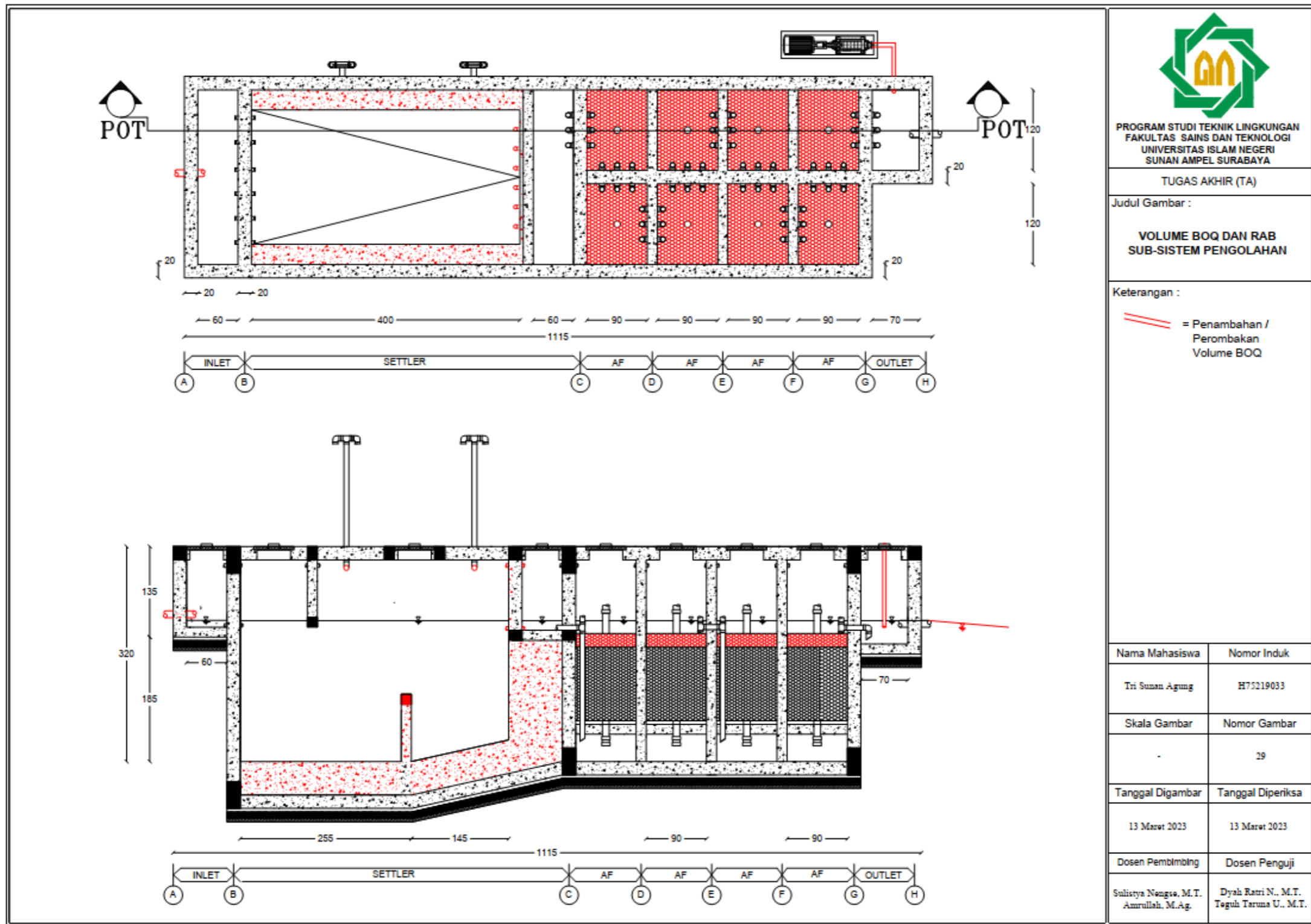
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 5. 33 Volume Pekerjaan BOQ di Sub-sistem Pelayanan



Gambar 5. 34 Volume Pekerjaan BOQ di Sub-sistem Pengumpulan



Gambar 5. 35 Volume Pekerjaan BOQ di Sub-sistem Pengolahan

BAB V

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi eksisting air limbah domestik di SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo terdiri dari 1057,8 meter pipa induk, dengan bangunan IPAL Domestik memiliki beberapa unit, yaitu: Bak Inlet, Bak Pengendap, Anaerobik Filter (AF), dan Bak Outlet. Debit air limbah total adalah sebesar sebesar 1,2945 liter/detik atau setara dengan 4,6602 m³/jam.
2. Evaluasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.
 - a. Evaluasi teknis pada sub sistem pelayanan berupa pipa persil dan bak kontrol. Sub sistem pengumpulan berupa diameter, slope, dan tinggi galian pipa. Sub sistem pengumpulan berupa ketinggian basah air limbah, rasio bak pengendap, dan jumlah media filter.
 - b. Evaluasi operasional pada setiap operasi dan perawatan di sub sistem pelayanan, pengumpulan, dan pengolahan
 - c. Evaluasi kelembagaan berupa kondisi keuangan, manajemen administrasi, SDM, dan peran masyarakat sekitar.
3. Optimalisasi SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo.
 - a. Optimalisasi teknis pada sub sistem pelayanan berupa pipa persil dan bak kontrol. Sub sistem pengumpulan berupa diameter 150 mm menjadi 100 mm, slope pipa 0,4% menjadi 0,6%, dan tinggi galian pipa sesuai dengan perhitungan. Sub sistem pengumpulan berupa pembongkaran dan penambahan dimensi ruang bak pengendap, penambahan media filter, dan desinfeksi, serta pipa outlet menyesuaikan tinggi sungai.

- b. Optimalisasi operasional berupa pembenah alur SOP pada setiap sub-bab pelayanan, pengumpulan, dan pengolahan.
 - c. Optimalisasi kelembagaan berupa perhitungan NPV dan IRR di bidang keuangan, pengarsipan dokumen, penjelasan tupoksi jabatan, dan peranan forum masyarakat.
4. Perhitungan RAB untuk optimalisasi teknis SPALD-T di RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo adalah sebesar Rp. 627.291.192,02-. Jumlah tersebut dibulatkan menjadi Rp. 627.000.000,00- atau terbilang “enam ratus dua puluh tujuh juta rupiah”.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil optimalisasi dari pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, saran yang dapat diberikan untuk DPUPKP terhadap SPALD-T RT 001 dan RT 002 Desa Gundik adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai elevasi tanah disetiap titik manhole menggunakan alat seperti theodolite.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penerapan langsung SOP dan berjalannya kelembagaan yang baik kedepannya.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaroby, M. A. R., & Wardhani, E. (2021). Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Aliran Sungai Cibabat, Kota Cimahi. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2). <https://doi.org/10.32672/jse.v6i2.2884>
- Anggraini, Y. (2021). *Pemilihan Jenis Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Berdasarkan Kualitas Air di DAS Cibaligo Kota Cimahi* [Thesis (S1)]. Institut Teknologi Nasional.
- Astutik, S. (2020). *Analisis Risiko Kegagalan Pada Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik Di Kabupaten Buleleng (Dengan Metode Failure Mode Effect Analysis)* [Thesis (S2)]. Universitas 17 Agustus.
- Dahruji, D., Wilianarti, P. F., & Totok Hendarto, T. (2016). Studi Pengolahan Limbah Usaha Mandiri Rumah Tangga dan Dampak Bagi Kesehatan di Wilayah Kenjeran, Surabaya. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 36. <https://doi.org/10.30651/aks.v1i1.304>
- Damayanti, D., Wuisan, E. M., & Binilang, A. (2018). *Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget*. 14.
- Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. (2018). *Buku Utama: Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). <https://sanitasi.ciptakarya.pu.go.id/>
- DPUPKP Kabupaten Ponorogo. (2021a). *Laporan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Honggo Taruna Berkah Proyek Sanimas Tahun Anggaran 2021 SPALD-T RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo*. Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Ponorogo.
- DPUPKP Kabupaten Ponorogo. (2021b). *Laporan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Honggo Taruna Berkah Proyek Sanimas Tahun Anggaran 2021 SPALD-T RT 001 dan RT 002 Desa Gundik, Kecamatan Slahung, Kabupaten Ponorogo*. Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Ponorogo.

- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Faisal, M., & Atmaja, D. M. (2019). Kualitas Air Pada Sumber Mata Air di Pura Taman Desa Sanggalangit Sebagai Sumber Air Minum Berbasis Metode Storet. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 7(2). <https://doi.org/10.23887/jjpg.v7i2.20691>
- Farizal, B., & Diyanti, R. A. (2021). Perencanaan Sanitasi Pengolahan Air Limbah Domestik Domestik (Spald-T) di Kelurahan Talang Benih. *Jurnal Statika*, 7(1), 33–45.
- Filliazati, M. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1). <https://doi.org/10.26418/jtllb.v1i1.4028>
- Firdaus, A. B. (2020). *Perencanaan Pengembangan Jaringan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Domestik (SPALD-T) Jalur Selatan Kota Surakarta [Thesis (S1)]*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Gafur, A., & Kartini, A. D. (2017). *Studi Kualitas Fisik Kimia dan Biologis pada Air Minum Dalam Kemasan Berbagai Merek yang Beredar di Kota Makassar Tahun 2016*. 3(1), 10.
- Hasrianti, & Nurasia. (2016). Analisis Warna, Suhu, Ph Dan Salinitas Air Sumur Bor Di Kota Palopo. *Prosiding Seminar Nasional*, 2(1), 747–753.
- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E., & Ruslan, A. (2016). *Buku 3: Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Domestik Skala Pemukiman* (L. Kleeberg, Ed.). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).
- Khaliq, A. (2015). *Analisis Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Kelurahan Kelayan Luar Kawasan IPAL Pekapuran Raya PD PAL Kota Banjarmasin*. 7(1), 9.
- Koda, E., Miszkowska, A., & Siczka, A. (2017). Levels of Organic Pollution Indicators in Groundwater at the Old Landfill and Waste Management Site. *Applied Sciences*, 7(6), 638. <https://doi.org/10.3390/app7060638>

- Kusumawardhani, A. A., Wardani, E., & Halomoan, N. (2018). Penentuan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bekasi Timur, Kota Bekasi. *EnviroSan*, 1(1), 9–13.
- Lanang, R. N., & Sururi, Moh. R. (2022). Penentuan status mutu air sungai di kegiatan konstruksi PLTU Kotabaru dengan STORET dan Indeks Pencemaran. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 180–193. <https://doi.org/10.36813/jplb.6.3.180-193>
- Odagiri, M., Thomas, A., Listyasari, M., Mills, F., Bain, R. E. S., Muhammad, Z., Slaymaker, T., Mardikanto, A., Gultom, A., Indiyani, A., Rangkuti, H., & Willetts, J. (2021). Safely Managed On-Site Sanitation: A National Assessment of Sanitation Services and Potential Fecal Exposure in Indonesia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 8204. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158204>
- Purnianingtyas, D., & Juliprijanto, W. (2021). PENGARUH JUMLAH SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DAERAH (SPALD) DAN JUMLAH PENDUDUK TERHADAP KAWASAN PERMUKIMAN KUMUH DI KOTA MAGELANG. 2, 18.
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Fauziyah, ., Agustriani, F., & Suteja, Y. (2019). Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat, dan BOD di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1), 65–74. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.18861>
- Rahmanissa, A., & Slamet, A. (2017). Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), D146–D150. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25083>
- Rakhmananda, S., Rezagama, A., & Handayani, D. S. (2016). Rencana Teknis Penyaluran Air Buangan Sistem Domestik Kabupaten Kudus. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–11.
- Rosadi, W. S. S., Hartini, E., & Halomoan, N. (2017). Penentuan Jalur Pipa Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik dengan Weighted Ranking Technique

- (WRT) di Kecamatan Bogor Tengah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 23(2), 94–105.
- Royani, S., Fitriana, A. S., Enarga, A. B. P., & Bagaskara, H. Z. (2021). Kajian COD dan BOD Dalam Air di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1). <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art4>
- Sperling, M. von. (2007). *Wastewater characteristics, treatment and disposal*. IWA Publ. [u.a.].
- Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar pengelolaan air limbah* (First Edition). UI-Press. <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20486108>
- Sugiyono. (2008). *Metode penelitian pendidikan: (Pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R & D)* (Cet. 6). Alfabeta.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D., & Metcalf & Eddy (Ed.). (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed). McGraw-Hill.
- Wiguna, A. S., Wardhani, E., & Halomoan, N. (2019). *PENAPISAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK KECAMATAN BEJI, KOTA DEPOK*. 2, 5.
- Yonar, M., Luthfi, O. M., & Isdianto, A. (2021). Dynamics Of Total Suspended Solid (TSS) Around Coral Reef Beach Damas, Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science*, 10(1), 48. <https://doi.org/10.20473/jmcs.v10i1.25606>
- Yuanita, M., Syahbiba, I. N., & Haryono, N. (2021). *Pengelolaan Sanitasi Pada Pemerintah Lokal: Studi Kasus Peningkatan Kelembagaan Prasarana Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Kabupaten Ponorogo*. 2(2), 18.