



TUGAS AKHIR - RE 184804

PERENCANAAN TEKNIS PENYALURAN DAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN ASEMROWO, SURABAYA

NURANISA LISTIYA ROSARI
NRP 0321154000085

Dosen Pembimbing:
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN TEKNIS PENYALURAN DAN
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN
ASEMROWO, SURABAYA**

NURANISA LISTIYA ROSARI
NRP 0321154000085

Dosen Pembimbing:
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**DESIGN OF SEWERAGE SYSTEM AND ON-SITE WASTE
WATER TREATMENT PLANT FOR ASEMROWO SUB-
DISTRICT OF SURABAYA**

NURANISA LISTIYA ROSARI
NRP 0321154000085

Advisor:
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN TEKNIS PENYALURAN DAN TEKNOLOGI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN
ASEMROWO, SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

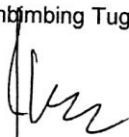
Pada

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

Oleh:

NURANISA LISTIYA ROSARI
NRP. 0321154000085

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19711114 200312 2 001



PERENCANAAN TEKNIS PENYALURAN DAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN ASEMROWO, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Nuranisa Listiya Rosari
NRP : 03211540000085
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Pembuangan air limbah tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat mencemari lingkungan, khususnya sumber-sumber air baku yang berada di permukaan ataupun di dalam tanah. Menurut strategi sanitasi Kota Surabaya (2016), kelurahan asemrowo termasuk daerah dengan risiko tinggi dalam aspek kesehatan lingkungan. Jumlah penduduk Kecamatan Asemrowo sebesar 46.304 jiwa dan kepadatan penduduk Kecamatan Asemrowo yaitu 3.326,29 jiwa/km². Dalam strategi sanitasi Kota Surabaya tahun 2017-2021, Kecamatan Asemrowo termasuk dalam wilayah prioritas pengembangan sistem pengolahan air limbah.

Menurut strategi sanitasi Kota Surabaya (2016), masyarakat Kecamatan Asemrowo yang masih melakukan buang air besar sembarangan (BABs) sebanyak 1113 KK. Salah satu aspek penentu daerah risiko tinggi yaitu kepemilikan jamban pribadi, di Kecamatan Asemrowo 89,6% masyarakatnya telah memiliki jamban pribadi. Tujuan dari perencanaan tugas akhir ini adalah merencanakan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Asemrowo. Perencanaan dilakukan berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah. Sedangkan, untuk kualitas *effluent* mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

Metode Perencanaan ini meliputi pengambilan data primer dari observasi lapangan, penyebaran kuesioner masyarakat dengan *random sampling* sebanyak 105 responden dan analisis kualitas air limbah untuk penentuan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang akan digunakan. sedangkan pengambilan data sekunder didapatkan dari instansi terkait. Perencanaan ini menyajikan perencanaan teknis dan perencanaan finansial.

Perencanaan sistem air limbah domestik (SPAL) meliputi *grey water* dan *black water*. Pelayanan pada Sistem penyaluran air limbah domestik dibagi menjadi 4 blok dan menggunakan *shallow sewerage*. Diameter yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 114 mm, 140 mm, 216 mm dan 267 mm. IPAL yang digunakan pada blok A, B dan C menggunakan *Aerobic Biofilter* dan *Clarifier*. Sedangkan untuk IPAL blok D menggunakan *Aerobic Biofilter*.

Kata kunci: Strategi Sanitasi Kota Surabaya, *Shallow sewerage*, *Black water*, *Aerobic Biofilter*, *Clarifier*.

DESIGN OF SEWERAGE SYSTEM AND WASTE WATER TREATMENT PLANT FOR ASEMROWO SUB-DISTRICT OF SURABAYA

Student Name : Nuranisa Listiya Rosari
Student ID : 03211540000085
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Disposal of wastewater without appropriate treatment could lead to environmental pollution; specifically, it could harm both the water bodies and the groundwater. According to Sanitation Strategy of Surabaya City (2016), Asemrowo Sub-district was classified as the high-risk area in terms of environmental health aspect. The population of Asemrowo Sub-district is 46.304 people with the population density is 3.326,29 people per square kilometer. As stated in the Sanitation Strategy of Surabaya City 2017-2021, Asemrowo Sub-District is included in the priority area for wastewater treatment system development.

According to Sanitation Strategy of Surabaya City (2016), 1.113 households in Asemrowo Sub-district still practicing open defecation (OD). One of the key factors to determine environmental health high-risk area is the availability of a toilet in each house. 89,6% of the people of Asemrowo Sub-district have their own latrines. The purpose of this final project is to plan and design the sewerage system as well as the on-site wastewater treatment system in Asemrowo Sub-District. The design is based on Regional Regulation of Surabaya Number 12 of 2012 concerning the Management of Water Quality and Wastewater. Whereas, the effluent quality of wastewater for the wastewater treatment plant refers to the Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia number 68 of 2016 concerning domestic wastewater threshold

The methods which are used to collect primary data for the design are: doing field observation, distributing community questionnaires with a random sampling of 105 respondents, and

analyzing the quality of wastewater to determine the suitable on-site wastewater treatment plant units. Meanwhile, the secondary data were obtained from the related authorized government agencies. This design includes both the technical and financial aspect.

In this design of sewerage system is planning for grey water and black water. The sewerage system used in this design is shallow sewerage system which divided into four blocks. The diameter of the sewerage pipe used in this design are 114 millimeters, 140 millimeters, 216 millimeters, and 267 millimeters. The block A, B, and C are designed to use Aerobic Biofilter and Clarifier for the on-site wastewater treatment plant, meanwhile block D use Aerobic Biofilter.

Keywords : *Sanitation strategy of Surabaya City , Shallow sewerage, Black water , Aerobic Biofilter, Clarifier.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas segenap rahmat yang senantiasa diberika, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas akhir yang saya susun ini berjudul: **“Perencanaan Teknis Penyaluran Dan Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Asemrowo, Surabaya”**. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih pada:

1. Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., PhD sebagai dosen pembimbing tugas akhir, yang dengan sabar telah meluangkan waktu untuk membimbing saya hingga tugas akhir ini selesai, serta bersedia memeberikan saran apabila saya menemui kesulitan dalam mengerjakan ini.
2. Dr. Ir. Ellina Pandebesie M.T., Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso M.T. dan Ir. Bowo Djoko Marsono M.Eng sebagai dosen pengarah yang telah memberikan masukan dan perbaikan yang membangun.
3. Kedua orangtua saya yang senantiasa memberika doa serta dukungan baik berupa moril maupun materi sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman – teman angkatan yang senantiasa memberi masukan dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kesalahan. Oleh karena itu, masukan dan saran yang mengarah ke perbaikan sangat diharapkan untuk kesempurnaan penulisan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaasn bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2019

Penyusun

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Ruang Lingkup	2
1.5. Manfaat	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Air Limbah Domestik	5
2.2. Sistem Penyaluran Air Limbah	6
2.2.1. Berdasarkan Sistem Pengumpulan	6
2.2.2. Berdasarkan Sarana yang tersedia	7
2.2.3. Berdasarkan Pengaliran	7
2.3. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah	7
2.3.1. Kecepatan Air Dalam Pipa	7
2.3.2. Fluktuasi Aliran	8
2.3.3. Bentuk dan Bahan Saluran	10
2.3.4. Dimensi Saluran	10
2.3.5. Kemiringan Penanaman Pipa	12
2.4. Bangunan Penunjang Sistem Penyaluran Air Limbah	12

2.4.1. Manhole	12
2.4.2. Pompa	13
2.4.3. Bangunan Penggelontor	13
2.5. Bangunan Pengolah Air Limbah	14
2.5.1. Anaerobic Baffle Reactor	14
2.5.2. Anaerobic Filter	15
2.5.3. Aerobic Biofilter	17
2.6. Metode Proyeksi Penduduk	17
2.6.1. Metode Aritmatik	18
2.6.2. Metode Geometri	19
2.6.3. Metode Least Square	19
2.7. Kelayakan Investasi	19
BAB III GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN	21
3.1. Kondisi Geografis Wilayah Perencanaan	21
3.2. Kependudukan	21
3.3. Fasilitas Umum	22
3.4. Kondisi Sanitasi Sektor Air Limbah	22
3.5. Rencana Lokasi IPAL	24
BAB IV METODE PERENCANAAN	27
4.1. Kerangka Perencanaan	27
4.2. Ide Tugas Akhir	30
4.3. Perizinan	30
4.4. Studi Literatur	30
4.5. Pengumpulan Data	31
4.6. Perencanaan SPAL dan IPAL	34
4.6.1. Aspek Teknis	34
4.6.2. Aspek Finansial	35

4.7. Penyusunan Laporan	35
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	37
5.1. Analisis Survei Masyarakat	37
5.2. Sistem Penyaluran Air Limbah	44
5.2.1. Proyeksi Penduduk.....	44
5.2.2. Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah.....	47
5.2.3. Debit Air Limbah Domestik.....	49
5.2.4. Pembebanan Air Limbah.....	52
5.2.5. Dimensi Pipa Air Limbah	57
5.2.5. Penanaman Pipa Air Limbah.....	59
5.3. Bangunan Pelengkap	75
5.4. Profil Memanjang Pipa SPAL	80
5.5. Karakteristik Air Limbah.....	80
Bab 5.6. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	81
5.6.1. Screen	81
5.6.2. Sumur pengumpul	85
5.6.3. Bak Pengendap Anaerobik.....	90
5.6.4. Aerobic Biofilter	96
5.6.5. Bak Pengendap Akhir (<i>Clarifier</i>).....	101
5.6.6. Bak Desinfeksi.....	105
5.7. Kesenjangan Massa.....	109
5.8. Profil Hidrolis	119
5.8.1. Profil Hidrolis IPAL A	119
5.8.2. Profil Hidrolis IPAL B	122
5.8.3. Profil Hidrolis IPAL C	126
5.8.3. Profil Hidrolis IPAL D	128
5.9. Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	130

5.9.1. BOQ Perpipaian	130
5.9.2. BOQ Galian dan Urugan	131
5.9.3. RAB SPAL	141
5.9.4. BOQ Sumur Pengumpul	147
5.9.5. BOQ Bak Pengendap dan ABF	148
5.9.6. BOQ Clarifier	150
5.9.7. BOQ Bak Pelarut	151
5.9.8. BOQ Bak Desinfeksi	152
5.9.9. RAB IPAL.....	154
5.9.10. Biaya Operasional dan Pemeliharaan	165
5.10. Analisis Kelayakan Finansial	169
5.11. Standar Operasional Prosedur	169
5.11.1. Sistem Penyaluran Air Limbah	169
5.11.2. Instalasi Pengolahan Air Limbah	178
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	181
6.1. Kesimpulan	181
6.2. Saran	181
DAFTAR PUSTAKA.....	183
BIOGRAFI PENULIS	193

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jenis Kota	5
Tabel 2.2. Baku Mutu Air Limbah Domestik	5
Tabel 2.3. Slope Minimum Berdasarkan Diameter Pipa	12
Tabel 2.4. Jarak Antar Manhole Pada Jalan Lurus	13
Tabel 2.5. Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter	17
Tabel 3.1. Luas Wilayah dan Ketinggian dari Kelurahan di Kecamatan Asemrowo	21
Tabel 3.2. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kecamatan Asemrowo Tahun 2017	22
Tabel 3.3. Jumlah Fasilitas Umum Kecamatan Asemrowo Tahun 2017	22
Tabel 3.4. Data Sanitasi Kecamatan Asemrowo	23
Tabel 3.5. Data Penyakit Terbanyak di Kecamatan Asemrowo ..	24
Tabel 4.1. Analisis Sampel Air Limbah.....	31
Tabel 4.2. Jumlah Sampel di Masing-masing Kelurahan	32
Tabel 5.1. Perhitungan Skor Kesiediaan Masyarakat Untuk Pengadaan Pengelolaan Air Limbah Komunal.....	41
Tabel 5.2. Kriteria Interpretasi Skor Perhitungan Likert	42
Tabel 5.3. Perhitungan Likert Kesiediaan Masyarakat untuk Berpatisipasi dalam Pengelolaan Air Limbah.....	42
Tabel 5.4. Perhitungan Likert Kesiediaan Masyarakat untuk Membayar Biaya Retribusi Pengelolaan Air Limbah	43
Tabel 5.5. Data Kependudukan Kecamatan Asemrowo Tahun 2014-2017	44
Tabel 5.6. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatika	45
Tabel 5.7. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometri	46
Tabel 5.8. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Least Square	46

Tabel 5.9. Proyeksi Penduduk Kecamatan Asemrowo Tahun 2020-2030.....	47
Tabel 5.10. Kebutuhan Air Fasilitas Umum	49
Tabel 5.11. Air Limbah Fasilitas Umum Kecamatan Asemrowo .	50
Tabel 5.12. Jumlah Penduduk Terlayani Setiap Blok.....	50
Tabel 5.13. Debit Air Limbah Rata-rata Blok A	51
Tabel 5.14. Debit Air Limbah Rata-rata Blok B	51
Tabel 5.15. Debit Air Limbah Rata-rata Blok C	51
Tabel 5.16. Debit Air Limbah Blok D	51
Tabel 5.17. Pembebanan Blok A.....	53
Tabel 5.18. Pembebanan Blok B.....	54
Tabel 5.19. Pembebanan Blok C.....	55
Tabel 5.20. Pembebanan Blok D.....	56
Tabel 5.21. Dimensi Pipa Air Limbah Blok A.....	60
Tabel 5.22. Dimensi Pipa Air Limbah Blok B.....	63
Tabel 5.23. Dimensi Pipa Air Limbah Blok C.....	64
Tabel 5.24. Dimensi Pipa Air Limbah Blok D.....	66
Tabel 5.25. Penanaman Pipa Air Limbah Blok A	69
Tabel 5.26. Penanaman Pipa Air Limbah Blok B	71
Tabel 5.27. Penanaman Pipa Air Limbah Blok C	72
Tabel 5.28. Penanaman Pipa Air Limbah Blok D	73
Tabel 5.29. Jarak Antar Manhole Pada Jalan Lurus	75
Tabel 5.30. Jenis dan Jumlah Manhole Blok B	76
Tabel 5.31. Jenis dan Jumlah Manhole Blok A	77
Tabel 5.32. Jenis dan Jumlah Manhole Blok C	78
Tabel 5.33. Jenis dan Jumlah Manhole Blok D	78
Tabel 5.34. Karakteristik Air Limbah Rusunawa Dukuh Menanggal	80

Tabel 5.35. Karakteristik Air Limbah	80
Tabel 5.36. Spesifikasi Pompa masing-masing IPAL	90
Tabel 5.37. Kriteria Desain <i>Anaerobic Baffle Reactor</i>	90
Tabel 5.38. Nilai a dan b BOD dan TSS.....	91
Tabel 5.39. Dimensi Bak Pengendap Anaerobik masing-masing IPAL	95
Tabel 5.40. Dimensi, kebutuhan Diffuser dan Blower masing-masing IPAL	100
Tabel 5.41. Kriteria Desain <i>Clarifier</i>	101
Tabel 5.42. Dimensi Bak Pengendap Akhir masing-masing Blok	105
Tabel 5.43. Dimensi dan Jumlah Baffle Masing-masing IPAL ..	108
Tabel 5.45. Ketinggian Muka Air IPAL A	122
Tabel 5.46. Ketinggian Muka Air IPAL B.....	125
Tabel 5.47. Ketinggian Muka Air IPAL C.....	127
Tabel 5.48. Ketinggian Muka Air IPAL C.....	129
Tabel 5.49. Elevasi Akhir Pipa Menuju Badan Air.....	129
Tabel 5.50. Kebutuhan Pipa pada Blok A	130
Tabel 5.51. Kebutuhan Pipa pada Blok B	130
Tabel 5.52. Kebutuhan Pipa Pada Blok C.....	130
Tabel 5.53. Kebutuhan Pipa pada Blok D	131
Tabel 5.54. Standar urugan dan Galian yang Diperkenankan ..	131
Tabel 5.55. Nilai a, b, c dan W Blok A.....	132
Tabel 5.56. Nilai a, b, c dan W Blok B.....	132
Tabel 5.57 Nilai a, b, c dan W Blok C.....	133
Tabel 5.58. Nilai a, b, c dan W Blok D.....	133
Tabel 5.59. Volume Galian pada Blok A	136
Tabel 5.60. Volume Galian pada Blok B	138

Tabel 5.61. Volume Galian pada Blok C	139
Tabel 5.62. Volume Galian pada Blok C	140
Tabel 5.63. RAB SPAL Blok A.....	141
Tabel 5.64. Rekapitulasi RAB Blok A	145
Tabel 5.65. Rekapitulasi RAB Blok B	145
Tabel 5.66. Rekapitulasi RAB Blok C	146
Tabel 5.67. Rekapitulasi RAB Blok D	146
Tabel 5.68. RAB Sumur Pengumpul IPAL A	154
Tabel 5.69. RAB Bak Pengendap dan ABF.....	160
Tabel 5.70. RAB Clarifier	161
Tabel 5.71. RAB Bak Pelarut.....	162
Tabel 5.72. RAB Bak Desinfeksi	162
Tabel 5.73. Rekapitulasi RAB IPAL Masing-masing Blok	164
Tabel 5.74. Rekapitulasi RAB SPAL dan IPAL Masing-masing Blok	164
Tabel 5.75. Biaya Operasional IPAL A	165
Tabel 5.76. Biaya Pemeliharaan IPAL A	165
Tabel 5.77. Biaya Operasional IPAL B	166
Tabel 5.78. Biaya Pemeliharaan IPAL B	166
Tabel 5.79. Biaya Operasional IPAL C	167
Tabel 5.80. Biaya Pemeliharaan IPAL C	167
Tabel 5.81. Biaya Operasional IPAL D.....	168
Tabel 5.82. Biaya Pemeliharaan IPAL D	168
Tabel 5.83. Analisis Kelayakan IPAL Blok A	170
Tabel 5.84. Analisis Kelayakan IPAL Blok B	172
Tabel 5.85. Analisis Kelayakan IPAL Blok C	174
Tabel 5.86. Analisis Kelayakan IPAL Blok D	176

Tabel 5.87. Data Pemakaian Air Bersih Masyarakat Kecamatan
Asemrowo..... 187

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik <i>Peak Factor</i>	9
Gambar 2.2. Sketsa ABR	15
Gambar 2.3. Sketsa <i>Anaerobic Filter</i>	16
Gambar 3.1. Rencana Lokasi IPAL A	25
Gambar 3.2. Rencana Lokasi IPAL B	25
Gambar 3.3. Rencana Lokasi IPAL C	26
Gambar 4.1. Diagram Alir Perencanaan	28
Gambar 4.1. Diagram Alir Perencanaan	29
Gambar 5.1. Komposisi Pendidikan Masyarakat Kecamatan Asemrowo.....	37
Gambar 5.2. Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kecamatan Asemrowo.....	38
Gambar 5.3. Komposisi Penghasilan Masyarakat Kecamatan Asemrowo.....	38
Gambar 5.4. Komposisi Ketersediaan Jamban Masyarakat Kecamatan Asemrowo	39
Gambar 5.5. Komposisi Jenis Jamban Masyarakat Kecamatan Asemrowo.....	39
Gambar 5.6. Komposisi Kepemilikan Tangki Septik Masyarakat Kecamatan Asemrowo	40
Gambar 5.7. Komposisi Penanganan Air Limbah Domestik Masyarakat Kecamatan Asemrowo.....	40
Gambar 5.8. Komposisi Pembayaran Retribusi Pengelolaan Air Limbah	44
Gambar 5.9. Bagan Alir Pemilihan SPAL.....	48
Gambar 5.10. Hydraulics Elements for Circular Sewer.....	59
Gambar 5.11. Diagram Alir IPAL Blok A, B dan C	81
Gambar 5.12. Diagram Alir IPAL Blok D	81
Gambar 5.13. Grafik Spesifikasi Pompa	90

Gambar 5.14. Hubungan CODrem dan BODrem.....	92
Gambar 5.15. Grafik Hubungan Antara Waktu Pengurasan dengan Volume Lumpur	93
Gambar 5.14. Galian Perpipaan	131
Gambar 5.15. Galian Pipa	133

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Rakhmananda (2016), pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi dapat berdampak serius terhadap daya dukung lingkungan. Dampak ini harus ditangani dengan baik agar daya dukung lingkungan tidak menurun. Oleh karena kenaikan jumlah penduduk, pemakaian air bersih juga mengalami peningkatan yang berakibat pada peningkatan jumlah air limbah pula. Pembuangan air limbah tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat mencemari lingkungan. Khususnya sumber-sumber air baku yang berada di permukaan ataupun di dalam tanah. Sedangkan penanggulangan pencemaran limbah domestik, terutama yang berasal dari rumah tangga belum terlalu diterapkan pada perkotaan. Seharusnya kota-kota dengan kepadatan penduduk tinggi sudah menerapkan sistem penyaluran air limbah domestik agar air limbah tidak langsung dibuang di badan air.

Menurut strategi sanitasi Kota Surabaya (2016) daerah dengan risiko tinggi dalam aspek kesehatan lingkungan tercatat sebanyak 21 kelurahan. Salah satu kelurahan dengan risiko tinggi tersebut adalah Kelurahan Asemrowo yang berada di Kecamatan Asemrowo. Aspek yang menjadi pertimbangan untuk penentuan daerah risiko tinggi antara lain kepadatan penduduk, bantuan langsung tunai, sambungan rumah PDAM dan tandon umum dan kepemilikan jamban pribadi. Menurut badan pusat statistik (2018), jumlah penduduk Kecamatan Asemrowo sebesar 48.264 jiwa dan kepadatan penduduk Kecamatan Asemrowo yaitu 3.467,24 jiwa/km². Hal ini menunjukkan Kecamatan Asemrowo memiliki kepadatan penduduk yang tinggi. Menurut strategi sanitasi Kota Surabaya (2016), masyarakat Kecamatan Asemrowo yang masih melakukan buang air besar sembarangan (BABs) sebanyak 1113 KK. Salah satu aspek penentu daerah risiko tinggi yaitu kepemilikan jamban pribadi, di Kecamatan Asemrowo 89,6% masyarakatnya telah memiliki jamban pribadi.

Untuk mendukung program pemerintah dalam strategi sanitasi Kota Surabaya, Perencanaan sistem penyaluran air limbah yang akan direncanakan terdiri dari saluran primer dan

sekunder. Menurut Binilang dkk. (2016), proses pengolahan air limbah yang banyak mengandung polutan senyawa organik sebagian besar menggunakan teknologi dengan bantuan aktivitas mikroorganisme. IPAL akan diletakkan pada lahan kosong yang tersedia di Kecamatan Asemrowo. Peletakkan IPAL berdasarkan rencana tata ruang wilayah kota surabaya tahun 2014-2034. Perencanaan dilakukan berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air Limbah.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo terkait pengembangan penduduk dan kapasitas air limbah yang dihasilkan?
2. Berapa biaya yang diperlukan untuk mengembangkan jaringan perpipaan dan instalasi pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo?
3. Bagaimana standar operasional prosedur sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo?

1.3. Tujuan

1. Merencanakan sistem jaringan penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo.
2. Merencanakan BOQ dan RAB yang dibutuhkan untuk perencanaan sistem jaringan perpipaan dan instalasi pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo.
3. Merencanakan standar operasional prosedur sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo.

1.4. Ruang Lingkup

1. Perencanaan dilakukan hingga tahun 2030.
2. Perencanaan air limbah meliputi *black water* dan *grey water*.
3. Aspek yang ditinjau adalah aspek teknis dan aspek finansial.
4. Perencanaan teknis meliputi:

- a. Daerah dan blok pelayanan
- b. Jaringan penyaluran air limbah
- c. Pemilihan jenis pipa dan perhitungan dimensi pipa
- d. Instalasi pengolahan air limbah
- e. BOQ dan RAB pembangunan IPAL mengacu pada HSPK Kota Surabaya tahun 2018.

1.5. Manfaat

Manfaat yang didapat dari perencanaan ini adalah:

1. Menyediakan rekomendasi terhadap rencana pengembangan jaringan perpipaan air limbah dan instalasi pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo.
2. Memberikan rekomendasi terhadap rencana anggaran biaya yang dibutuhkan dalam rencana pengembangan jaringan perpipaan air limbah dan instalasi pengolahan air limbah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah Domestik

Menurut Wulandari (2014), Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Beberapa bentuk dari air limbah ini adalah limbah kamar mandi dan sisa kegiatan dapur rumah tangga. Menurut Tchobanoglous dkk. (2004), rata-rata 60-90 persen dari kebutuhan air yang dikonsumsi menjadi air limbah. Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya (2016), kebutuhan air bersih dibedakan berdasarkan jenis kota, Kebutuhan air berdasarkan jenis kota dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jenis Kota

Kategori Kota	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan Air (liter/orang.hari)
Kota kecil	20.000 – 100.000	90 – 110
Kota sedang	100.000 – 500.000	100 – 125
Kota besar	500.000 – 1.000.000	120 – 125
Kota metropolitan	>1.000.000	150 – 200

Sumber: Kementerian PUPR, 2007

Selain kebutuhan air, infiltrasi menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi debit air limbah yang dihasilkan. Menurut Tchobanoglous dkk. (2004), debit infiltrasi dipengaruhi oleh panjang pipa air limbah, area yang dilayani, kondisi topografi, kepadatan penduduk, tinggi muka air tanah dan lain-lain.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia nomor 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, pengolahan air limbah domestik harus memenuhi baku mutu air limbah sebagaimana tercantum pada lampiran 1 dari peraturan tersebut. Baku mutu air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Konsentrasi
pH	mg/L	6-9
TSS	mg/L	30

Parameter	Satuan	Konsentrasi
BOD5	mg/L	30
COD	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amonia	mg/L	10
Total Coliform	MPN/100mL	3000

Sumber: Permen LHK RI no 68 tahun 2016

2.2. Sistem Penyaluran Air Limbah

Menurut Tchobanoglous dkk. (2004), sistem penyaluran air limbah yang diterapkan dapat ditentukan berdasarkan sistem pengumpulan, sarana yang tersedia dan pengalirannya.

2.2.1. Berdasarkan Sistem Pengumpulan

a. Sistem Terpisah

Pembuangan air limbah pada sistem ini dilakukan secara terpisah antara air hujan dan air limbah. Air limbah akan dibuang melalui saluran tertutup, sedangkan limpasan air hujan akan disalurkan melalui drainase.

b. Sistem Tercampur

Pada sistem ini, pembuangan air limbah dan limpasan air hujan dialirkan melalui satu saluran yang sama. Menurut Arsyad (2015), Sistem ini digunakan untuk daerah dengan kepadatan penduduk tinggi dan tidak memungkinkan membangun saluran air limbah dan drainase secara terpisah. Syarat dari penerapan sistem ini adalah debit air limbah dan air hujan tidak terlalu berbeda.

c. Sistem Kombinasi

Pada sistem ini, pembuangan air limbah dan limpasan air hujan dialirkan melalui satu saluran yang sama hingga tempat tertentu. Sebelum mencapai instalasi pengolahan air limbah, air buangan akan dipisah menggunakan *regulator*. Air limbah dialirkan pada pipa menuju IPAL, sedangkan air hujan dialirkan menuju badan air. Pada musim kemarau, air limbah dan air hujan akan dialirkan pada satu saluran hingga menuju IPAL.

2.2.2. Berdasarkan Sarana yang tersedia

- a. Pengolahan Limbah Setempat (*On Site*)
Pada sistem ini, air limbah tidak disalurkan pada jaringan perpipaan yang akan membawanya menuju pengolahan akhir. Air limbah akan dibuang ditempat tersebut.
- b. Pengolahan Limbah Terpusat (*Off Site*)
Menurut Wulandari (2014), pada sistem ini air limbah domestik akan disalurkan melalui saluran atau jaringan perpipaan menuju tempat pengolahan akhir.

2.2.3. Berdasarkan Pengaliran

- a. Sistem Pengaliran Penuh (*Full Sewerage*)
Menurut Damayanti dkk. (2018), suatu jaringan perpipaan yang membawa air buangan menuju bangunan pengolahan atau tempat pembuangan akhir seperti badan air penerima. Sistem ini terdiri dari jaringan pipa persil, pipa lateral dan pipa induk. Biasanya sistem ini diterapkan untuk melayani penduduk suatu daerah yang cukup luas.
- b. Sistem Pengaliran Dangkal (*Shallow Sewer*)
Pada sistem ini, saluran hanya mengangkut air buangan dalam skala kecil dan pipa dipasang dengan kemiringan lebih landai. Menurut Rahmanissa dkk. (2017), Sistem ini cocok diterapkan untuk permukiman yang belum teratur dan memiliki kepadatan tinggi.
- c. Sistem Pengaliran Kecil (*Small Bore Sewer*)
Saluran pada sistem ini dirancang hanya untuk menerima bagian-bagian cair dari air buangan kamar mandi, cuci, dapur dan limpahan air dari tangki septik. Sehingga, saluran harus bebas dari zat padat.

2.3. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah

Pada perancangan sistem jaringan perpipaan air limbah diperlukan pemenuhan beberapa faktor. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut.

2.3.1. Kecepatan Air Dalam Pipa

Prinsip pengaliran air limbah pada umumnya adalah gravitasi tanpa tekanan, sehingga pola aliran seperti pola aliran

pada saluran terbuka. Dengan demikian, ada bagian dari penampang pipa yang kosong. Sistem pembuangan harus mampu mengalirkan dengan cepat air buangan yang biasanya mengandung bagian-bagian padat. Menurut Ananda dkk. (2016), kecepatan aliran air buangan pada pipa PVC antara 0,6 hingga 3 m/s. Untuk maksud tersebut, pipa pembuangan harus mempunyai ukuran dan kemiringan yang cukup. Kemiringan aliran harus cukup agar menjamin berlangsungnya pembersihan sendiri pada saluran, dapat dihitung menggunakan rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2.1)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar saluran

n = Koefisien kekasaran saluran (koefisien Manning)

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.2)$$

Dimana:

R= Jari-jari hidrolis (m)

A= Luas penampang basah (m²)

P= Keliling basah (m)

2.3.2. Fluktuasi Aliran

Fluktuasi air limbah tergantung pada fluktuasi pemakaian air bersih. Pada waktu pemakaian air bersih memuncak, besarnya debit air limbah pun akan meningkat. Hal yang sama akan berlaku apabila pemakaian air bersih berada dalam debit minimum.

1) Debit air limbah rata-rata (Q_r)

$$Q_r = Q_{bd} + Q_{bnd} \quad (2.2)$$

dimana:

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

Q_{bd} = debit air limbah domestik (L/det)

Q_{bnd} = debit air limbah non domestik (L/det)

2) Debit air limbah puncak (Q_{peak})

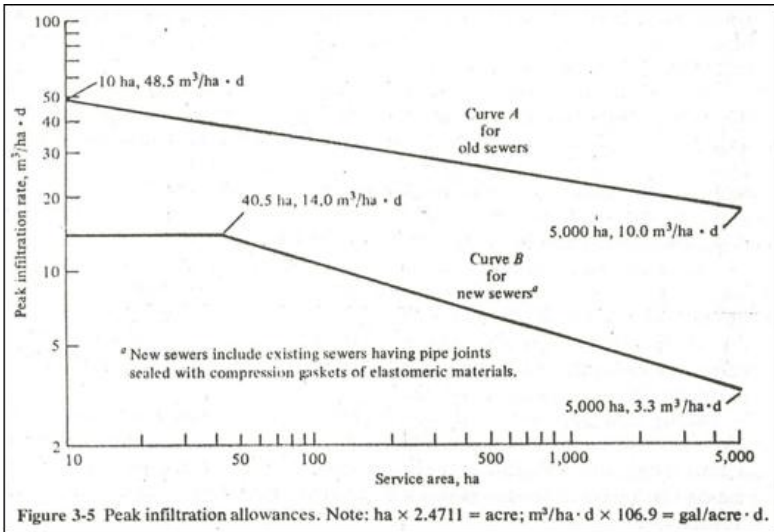
$$Q_{\text{peak}} = f_{\text{peak}} \times Q_r \quad (2.3)$$

dimana:

Q_{peak} = debit air limbah puncak (L/det)

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

f_{peak} = faktor puncak (dapat dilihat pada grafik *Peak Factor* Gambar 2.1



Gambar 2.1. Grafik *Peak Factor*

Sumber: Tchobanoglous dkk, 1981

3) Debit air limbah minimum (Q_{min})

$$Q_{\text{min}} = 1/5 \times (P/1000)^{1.2} \times Q_r \quad (2.4)$$

dimana:

Q_{min} = debit air limbah minimum (L/det)

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

P = penduduk

4) Debit air limbah total (Q_{tot})

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{inf}} + Q_{\text{peak}} \quad (2.5)$$

dimana:

Q_{tot} = debit air limbah n total (L/det)

Q_{inf} = debit infiltrasi (L/det)

Q_{peak} = debit air limbah puncak (L/det)

2.3.3. Bentuk dan Bahan Saluran

Menurut Damayanti dkk. (2018), Dalam pemilihan bentuk saluran terdapat beberapa pertimbangan diantaranya:

- a. Segi konstruksi.
- b. Segi hidrolis pengaliran untuk menjamin pengaliran air limbah dan kecepatan aliran minimum harus terpenuhi.
- c. Ketersediaan tempat bagi penanaman saluran.
- d. Segi ekonomis dan teknis termasuk kemudahan memperoleh materialnya.

Bentuk saluran yang banyak digunakan dalam sistem jaringan perpipaan air limbah adalah lingkaran bulat dan bulat telur. Bentuk lingkaran bulat digunakan pada kondisi debit aliran konstan dan aliran tertutup. Sedangkan, bentuk lingkaran bulat telur digunakan pada kondisi debit aliran tidak konstan dengan aliran tertutup.

2.3.4. Dimensi Saluran

Dimensi saluran mencakup pada diameter pipa dan kemiringan saluran. Perhitungan dimensi saluran dilakukan pada setiap manhole. Menentukan diameter minimum pipa mengacu kepada debit rencana yang dihasilkan dengan asumsi kemiringan pipa sejajar dengan kemiringan tanah. Kemudian diameter digunakan untuk perhitungan mengecek kecepatan (V_f) dan debit penuh (Q_f). Perhitungan diameter adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Nilai Q_{full} (m^3/s)

Q_{full} dihitung dengan memplotting grafik *Hydraulics Elements for Circular Sewers*, dimana nilai d/D ditentukan terlebih dahulu. nilai d adalah kedalaman berenangnya dan D adalah diameter saluran. Menurut Ananda dkk. (2018), kedalaman berenang yang diperbolehkan antara 5 cm hingga 0,8 kali dari diameter pipa. Setelah itu, ditarik garis hingga menyentuh grafik discharge dan akan didapatkan nilai Q_{peak}/Q_{full} .

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak}}{Q_{peak}/Q_{full}} \quad (2.7)$$

2. Menghitung Diameter

Perhitungan diameter didapatkan setelah mengetahui nilai Q_{full} . Dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{0,3117}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2.8)$$

Dimana:

Q = Debit air limbah (m^3/s)

D = Diameter pipa (m)

S = Kemiringan pipa

n = koefisien kekasaran manning

3. Menghitung nilai Q_{full} cek dan V_{full} cek

Q_{full} cek adalah Q_{full} yang akan berubah karena besar diameter yang telah dihitung tidak terdapat pada ukuran diameter pipa di pasaran. Diameter akan disesuaikan dengan ukuran diameter yang ada di pasaran. Perhitungan V_{full} menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{A_{full}} \quad (2.9)$$

Dimana:

V_{full} = kecepatan didalam pipa saat penuh (m/s)

Q_{full} = Debit didalam pipa saat penuh (m^3/s)

A_{full} = Luas pipa (m^2)

4. Menghitung Nilai V_{min}

V_{min} didapatkan dengan memplotting nilai Q_{min}/Q_{full} yang telah didapatkan pada grafik *Hydraulics Elements for Circular Sewer*. Kemudian menarik garis hingga menyentuh garis grafik discharge dan mendapatkan nilai d_{min}/D . Selanjutnya nilai d_{min}/D ditarik hingga menyentuh garis grafik velocity dan akan mendapatkan nilai V_{min}/V_{full} . Nilai V_{min} dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{min} = \frac{v_{min}}{v_{full}} \times V_{full} \quad (2.10)$$

Dimana:

V_{min} = kecepatan minimum didalam pipa (m/s)

V_{full} = kecepatan didalam pipa saat penuh (m/s)

2.3.5. Kemiringan Penanaman Pipa

Kemiringan pipa minimal diperlukan agar di dalam pengoperasiannya diperoleh kecepatan pengaliran minimal dengan daya pembilasan sendiri (tractive force) guna mengurangi gangguan endapan di dasar pipa, koefisien kekasaran manning untuk berbagai bahan pipa yang terdapat pada Tabel 2.3. berikut.

Tabel 2.3. Slope Minimum Berdasarkan Diameter Pipa

Diameter Pipa (mm)	n = 0,013	n = 0,015
200	0,0033	0,0044
250	0,0025	0,0033
300	0,0019	0,0026
375	0,0014	0,0019
450	0,0011	0,0015
525	0,0009	0,0012
600	0,0008	0,001
675	0,0007	0,0009
750	0,0006	0,0008
900	0,0004	0,0006

Sumber: Metcalf and Eddy, 1981

Atau dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$S = \frac{L}{\Delta H} \quad (2.6)$$

Dimana:

S = Kemiringan pipa

L = Panjang Pipa (m)

ΔH = Beda tinggi permukaan atas awal pipa dan akhir pipa (m)

2.4. Bangunan Penunjang Sistem Penyaluran Air Limbah

Menurut Tchobanoglous dkk. (1981), adanya bangunan-bangunan penunjang pada sistem penyaluran air limbah sangat penting untuk melancarkan pengaliran dalam saluran maupun dalam hal pemeriksaan saluran.

2.4.1. Manhole

Manhole merupakan lubang untuk memeriksa, memelihara dan memperbaiki saluran. Menurut Ananda dkk. (2016), penempatan manhole harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Diletakkan pada setiap perubahan kemiringan pipa, diameter dan perubahan arah aliran baik vertikal maupun horizontal.
- b. Diletakkan pada setiap pertemuan atau percabangan pipa.
- c. Diletakkan pada setiap titik masuk dan titik keluar bangunan lain.

Untuk manhole lurus akan diletakkan pada jarak tertentu berdasarkan diameter pipa air limbah. Untuk jarak antara manhole dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Jarak Antar Manhole Pada Jalan Lurus

Diameter Pipa (mm)	Jarak Antar Manhole (m)
20-50	50-75
50-75	75-125
100-150	125-150
150-200	150-200
1000	100-150

Sumber: Dinas PU, 2017

2.4.2. Pompa

Menurut Ananda dkk. (2016), Penanaman pipa yang melewati 4 meter dianggap kurang ekonomis. Oleh karena itu, digunakan stasiun pompa untuk menaikkan elevasi pipa yang penanamannya terlalu dalam. Perhitungan daya pompa adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{Q \times H \times \rho}{\eta} \quad (2.11)$$

Dimana:

- P = daya pompa (KW)
H = tekanan pompa (m)
P = massa jenis air (kg/m³)
η = efisiensi pompa (%)

2.4.3. Bangunan Penggelontor

Bila pada tempat tertentu terdapat kecepatan minimum dan tinggi renang dalam saluran tidak terpenuhi akan dapat menimbulkan pengendapan. Karena itu, perlu dilakukan penggelontoran untuk mengatasinya. Bangunan penggelontor direncanakan sedemikian rupa sehingga mampu untuk

melakukan penggelontoran sebagaimana diperlukan. Air yang digunakan untuk menggelontor bersumber dari air sungai atau air hujan.

2.5. Bangunan Pengolah Air Limbah

Instalasi Pengolahan Air limbah diperlukan untuk menjadikan kualitas air limbah yang dihasilkan memenuhi baku mutu. Hal ini dilakukan agar air limbah yang akan dibuang ke badan air tidak mencemari lingkungan sekitar. Beberapa jenis pengolahan yang dapat diterapkan antara lain *Anaerobic Baffle Reactor* dan *Anaerobic Filter*.

2.5.1. Anaerobic Baffle Reactor

Menurut Octavianus dkk. (2017), *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) merupakan pengolahan air limbah secara fisik dan biologis dalam bentuk bak pengendap. Pengolahan ABR bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut yang tidak dapat mengendap. Menurut Hastuti dkk. (2017), pada umumnya ABR digunakan untuk mengolah air limbah yang memiliki beban organik rendah. Pada ABR memiliki kompartemen-kompartemen yang dibatasi oleh sekat vertikal. Serangkaian sekat vertikal di dalam ABR dapat mengondisikan aliran air limbah secara naik dan turun mulai dari *inlet* hingga *outlet*. Hal itu bertujuan agar terjadi kontak antara air limbah dengan biomassa aktif. Parameter desain utama untuk ABR antara lain *hydraulic retention time* > 8 jam, kecepatan aliran ke atas < 2 m/jam, beban organik 3 kg COD/m³/hari, penyisihan COD 65 – 90% dan penyisihan BOD 70 – 95%.

Persamaan perhitungan desain anaerobic baffle reactor dapat dilihat pada langkah-langkah berikut:

- a. Waktu tinggal hidrolik (HRT)

$$HRT = V / Q \quad (2.12)$$

Dimana:

HRT = Waktu tinggal hidrolik (hari)

V = volume (m³)

Q = debit (m³/s)

- b. *Organic Loading Rate* (OLR)

$$OLR = \frac{Q \times S_o}{V} \quad (2.13)$$

Dimana:

OLR = *Organic Loading Rate*

V = volume (m³)

Q = debit (m³/s)

So= konsentrasi organik inlet (mg/L)

c. $V_{up} = \frac{Q}{P \times l}$ (2.14)

$V_{up} = \frac{Q}{P \times l}$

Dimana:

Q = debit (m³/s)

P = panjang satu kompartemen (m)

l = lebar satu kompartemen (m)

d. Headloss (2.15)

$$H_f = f \times \frac{P}{4 \times R} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$f = (1,5 \times 0,01989) + \frac{0,0005078}{4 \times R} \quad (2.16)$$

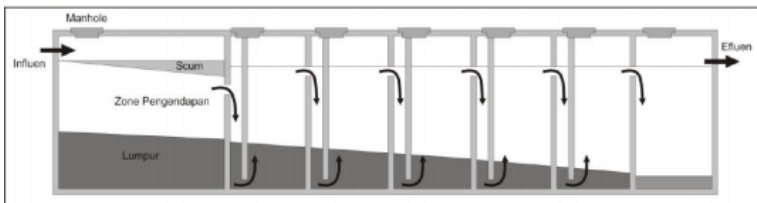
Dimana:

P = Panjang ABR (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)



Gambar 2.2. Sketsa ABR
Sumber: Hastuti dkk. 2017

2.5.2. Anaerobic Filter

Menurut Djarwanti (2015), proses *anaerobic filter* berlangsung dalam sebuah reaktor bersekat yang diisi dengan media filter. Media filter yang biasa digunakan antara lain batu, PVC, keramik atau media plastik. Media filter berperan sebagai tempat melekatnya mikroorganismenya yang akan mengolah bahan organik pada air limbah. Mikroorganismenya yang melekat pada media filter akan membentuk sebuah lapisan biasa disebut

biofilm. Semakin luas permukaan biofilm, semakin banyak bidang kontak antara mikroorganisme dan air limbah. Media filter harus tetap terendam air seluruhnya agar menghindari kontak antara udara dan mikroorganisme, sehingga kondisi tetap anaerobik. Menurut Radityaningrum dkk. (2017), pemilihan media filter yang tepat merupakan salah satu kunci keberhasilan pengolahan *anaerobic filter*.

a. *Organic Loading Rate* (OLR)

$$OLR = \frac{Q \times S_o}{V} \quad (2.17)$$

Dimana:

OLR = *Organic Loading Rate* (hari)

V = volume (m³)

Q = debit (m³/s)

S_o = konsentrasi organik inlet (mg/L)

b. *Hydraulic Loading Rate* (HLR)

$$HLR = \frac{Q}{A} \quad (2.18)$$

HLR = *Hydraulic Loading Rate* (m³/m².hari)

V = volume (m³)

Q = debit (m³/s)

c. Produksi Lumpur

$$P_x = Y_{obs} \times Q \times (S_o - S_e) \quad (2.19)$$

Dimana:

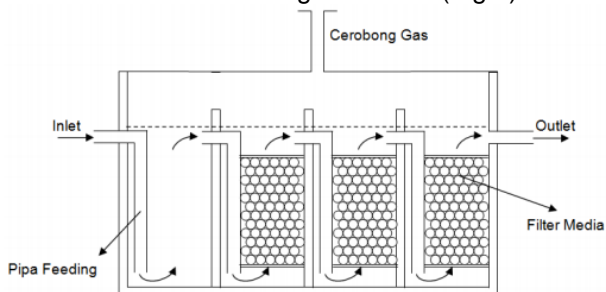
P_x = Produksi lumpur (kg/hari)

Y_{obs} = koefisien *yield* observasi

Q = debit (m³/s)

S_o = konsentrasi organik inlet (mg/L)

S_e = konsentrasi organik outlet (mg/L)



Gambar 2.3. Sketsa *Anaerobic Filter*

Sumber: Djarwanti, 2015

2.5.3. Aerobic Biofilter

Aerobic Biofilter merupakan salah satu pengolahan yang termasuk *activated sludge*. Menurut (Said dan Ruliasih, 2005), proses biofilter adalah reaktor biologis dengan unggun tetap (fixed bed film) dimana mikroorganismenya tumbuh dan berkembang menempel pada permukaan media yang kaku misalnya plastik atau batu. Proses yang digunakan dalam bak aerobik adalah proses biakan melekat tercelup aliran turun (downflow submerged attached growth processes). Biofilter pada bak aerobik ini juga menggunakan media dari susunan plastik berbentuk silang (crossflow) maupun tubular. Menurut (Wahyuni dkk, 2014), dalam pengolahan sistem biofilter aerob ini perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengolahan seperti sumber mikroorganismenya, waktu pengolahan, kondisi pH dan kadar oksigen terlarut.

Banyak peneliti yang telah menganalisis efisiensi removal BOD, TSS dan COD pada biofilter aerobik. Menurut (Zahra dan Ipung, 2015), Besarnya penyisihan parameter BOD, COD dan TSS dengan menggunakan biofilter aerob berturut-turut mencapai 94,83%, 92,95%, dan 95%. Reaktor paling baik dalam mengolah air limbah adalah reaktor biofilter dengan media kerikil pada HRT 8 jam. Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.5. Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter

No	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m^2/m^3)
1.	Tricking filter dengan batu pecah	100-200
2.	Modul sarang tawon	150-240
3.	Tipe jaring	50
4.	RBC	80-150
5.	Bio-ball	200-240

Sumber: said dan ruliasih, 2005

2.6. Metode Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk sangat diperlukan untuk menentukan kebutuhan air bersih dan air limbah yang dihasilkan. Menurut (Mantra, 2000; dalam tampuyak dkk, 2016), proyeksi

penduduk merupakan perhitungan ilmiah berdasarkan asumsi tertentu dari variabel pertumbuhan penduduk. Variabel pertumbuhan penduduk antara lain kelahiran, kematian dan migrasi. Untuk mengetahui proyeksi penduduk dapat digunakan tiga metode yaitu metode aritmatik, geometri dan *least square*. Dari perhitungan ketiga metode tersebut, akan dipilih satu metode yang memiliki nilai koefisien korelasi mendekati satu. Nilai koefisien korelasi menunjukkan kuatnya hubungan linier antara dua variabel. Perhitungan koefisien korelasi adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}} \quad (2.20)$$

Dimana:

- r = koefisien korelasi
- n = kurun waktu
- x = nomor data
- y = selisih jumlah penduduk dengan tahun sebelumnya (metode aritmatika);
atau ln jumlah penduduk (metode geometri);
atau jumlah penduduk (metode *least square*)

2.6.1. Metode Aritmatik

Menurut BPS (2010), Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Perhitungan yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_n = P_0 + r(n) \quad (2.21)$$

Dimana:

- P_n = jumlah penduduk pada tahun proyeksi yang diinginkan (jiwa)
- P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)
- r = rata-rata pertumbuhan penduduk tiap tahun
- n = kurun waktu

2.6.2. Metode Geometri

Menurut BPS (2010), Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa laju pertumbuhan penduduk dianggap sama untuk setiap tahun. Rumus yang digunakan untuk proyeksi geometri adalah:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (2.22)$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun proyeksi yang diinginkan (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi (jiwa)

r = rata-rata persentase pertambahan penduduk tiap tahun

n = kurun waktu

2.6.3. Metode Least Square

Menurut UN ESCAP (2015), metode *least square* didapatkan melalui pertumbuhan penduduk secara logaritmik. Rumus yang digunakan untuk proyeksi *least square* yaitu:

$$P_n = a + (b \times n) \quad (2.23)$$

dengan :

$$a = \frac{\sum y (\sum x^2) - (\sum x \sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.24)$$

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x \sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.25)$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk tahun ke- n (jiwa)

n = beda tahun yang dihitung dari tahun awal

a dan b = konstanta

y = jumlah penduduk (jiwa)

x = nomor data

2.7. Kelayakan Investasi

Menurut Masar (2017), studi kelayakan bisnis merupakan segala aktivitas yang menyangkut aspek-aspek penting sebagai dasar penelitian studi kelayakan untuk mengambil keputusan layak atau tidak bisnis tersebut dibangun dan saat

dioperasionalkan secara rutin dalam rangka pencapaian keuntungan yang maksimal untuk waktu yang tidak ditentukan. Selain itu, menurut Yasuha dan Saifi (2017), Tujuan dilakukannya studi kelayakan proyek adalah untuk menghindari keterlanjuran penanaman modal yang terlalu besar untuk kegiatan yang ternyata tidak menguntungkan. Dalam menganalisis kelayakan suatu investasi terdapat dua pendekatan yaitu analisis finansial dan analisis ekonomi.

Analisis finansial dilaksanakan untuk mendapatkan gambaran proyeksi keuntungan keuangan terbaik bagi penyelenggara dalam jangka waktu tertentu. Menurut Nasarudin (2013), Dalam aspek finansial akan disajikan informasi tentang biaya investasi, modal kerja, cash flow dan biaya operasional. Menurut Yesi dan Abdul (2014), Analisis finansial terdiri dari analisis Net Present Value (NVP), analisis Net Benefit Cost Ratio (Net B/C Ratio), analisis Internal Rate of Return (IRR), analisis Gross Benefit Cost Ratio (Gross B/C Ratio), analisis Profitability Ratio dan analisis Payback Period.

Sedangkan pengkajian kelayakan ekonomi disusun dengan cara analisis ekonomi untuk mendapatkan gambaran manfaat yang diterima oleh masyarakat untuk mewujudkan peningkatan kesehatan, produktivitas masyarakat, dan perlindungan lingkungan. Perhatian dalam kajian ekonomis ini apakah proyek dimaksud akan memberi sumbangan atau mempunyai peranan yang positif dalam pembangunan ekonomi secara keseluruhan dan memberikan peranan yang cukup besar sehingga alokasi dana yang ditempatkan pada proyek dimaksud cukup bermanfaat bagi kepentingan masyarakat luas dalam kurun waktu yang ditinjau. Menurut Gray (2007), Indikator penilaian dalam analisis untuk menentukan kelayakan ekonomi, yaitu Nilai Sekarang Bersih, Rasio Manfaat Biaya, dan Tingkat Bunga Pengembalian ekonomi. Dalam indikator ini digunakan perhitungan nilai sekarang (present value) atas arus benefit dan biaya selama umur proyek.

BAB III

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1. Kondisi Geografis Wilayah Perencanaan

Wilayah perencanaan pada tugas akhir kali ini berada pada Kecamatan Asemrowo yang merupakan bagian Kota Surabaya Barat. Kecamatan Asemrowo terbagi menjadi tiga kelurahan yaitu Kelurahan Tambak Sarioso, Kelurahan Asemrowo dan Kelurahan Genting Kalianak. Luas seluruh wilayah dari Kecamatan Asemrowo adalah $\pm 13,06 \text{ km}^2$. Ketinggian Kecamatan Asemrowo dari permukaan air laut adalah $\pm 2,5 \text{ m}$. Secara geografis, Kecamatan Asemrowo memiliki batas-batas sebagai berikut:

- Utara : Selat Madura
- Timur : Kecamatan Sawahan dan Kecamatan Bubutan
- Selatan : Kecamatan Sukomenanggal
- Barat : Kecamatan Tandes dan Kecamatan Benowo

Tabel 3.1. Luas Wilayah dan Ketinggian dari Kelurahan di Kecamatan Asemrowo

No	Kelurahan	Luas Wilayah (km^2)	Ketinggian (m)
1	Tambak Sarioso	6,47	3,8
2	Asemrowo	3,39	2,3
3	Genting Kalianak	3,20	3,8
Jumlah		13,06	

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017

3.2. Kependudukan

Pada tahun 2017, Kecamatan Asemrowo memiliki jumlah penduduk sebesar 48.264 jiwa. Sedangkan, kepadatan penduduk Kecamatan Asemrowo adalah $3.467,24 \text{ jiwa/km}^2$. Menurut badan pusat statistik, kelurahan yang memiliki jumlah penduduk terbanyak adalah Kelurahan Asemrowo dengan penduduk sebesar 33.045 jiwa. Sedangkan untuk jumlah penduduk yang rendah terdapat pada Kelurahan Tambak Sarioso yaitu sebesar 6.884 jiwa. Data jumlah penduduk dan kepadatan penduduk Kecamatan Asemrowo dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kecamatan Asemrowo Tahun 2017

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)
1	Tambak Sarioso	7.174	1.110,53
2	Asemrowo	33.045	9.747,79
3	Genting Kalianak	8.045	1.976,66
Jumlah		48.264	3.467,24

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2018

3.3. Fasilitas Umum

Fasilitas umum dan sosial yang diperuntukkan untuk masyarakat terdiri dari fasilitas pendidikan, kesehatan, peribadatan dan lain-lain. Fasilitas umum tersebut dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Data fasilitas umum pada tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3. Jumlah Fasilitas Umum Kecamatan Asemrowo Tahun 2017

Kecamatan	Jumlah Fasilitas Umum (unit)		
	Sekolah*	Pusat Kesehatan**	Rumah Makan
Tambak Sarioso	3	14	6
Asemrowo	7	37	2
Genting Kalianak	4	16	1

*)Sekolah tercatat dari jenjang SD-SMA sederajat

**)Pusat kesehatan terdiri dari puskesmas dan posyandu

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2018

3.4. Kondisi Sanitasi Sektor Air Limbah

Dalam Studi EHRA, sistem air limbah adalah sistem penyaluran limbah domestik dari sisa pembuangan kamar mandi terutama dari WC/jamban/kloset dan tangki septik, serta hubungannya dengan sistem penyalurannya. Secara umum yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sistem air limbah domestik diantaranya adalah tempat pembuangan kotoran (Buang Air Besar).

Praktik buang air besar di tempat yang tidak memadai adalah salah satu faktor risiko turunnya status kesehatan

masyarakat. Selain mencemari tanah, praktik semacam itu dapat mencemari air tanah sebagai sumber air minum. Yang dimaksud tidak memadai bukan hanya tempat pembuangan tinja di tempat tidak selayaknya seperti di selokan, sungai, kebun, dan lubang galian tetapi juga sarana seperti jamban yang tidak nyaman dan tidak mempunyai saluran pembuangan serta berjarak terlalu dekat dengan sumber air.

Menurut strategi sanitasi Kota Surabaya (2016), Pada Kecamatan Asemrowo tercatat masyarakat yang masih melakukan buang air besar sembarangan (BABs) sebanyak 1113 KK. Sedangkan untuk kepemilikan jamban pribadi sebanyak 89,6%. Dan untuk pengolahan air limbah yang ada di Kecamatan Asemrowo salah satunya yaitu dengan tangki septik disetiap rumah. Pada Kecamatan Asemrowo jumlah KK yang telah memiliki tangki septik individu sebanyak 9380 KK. Data sanitasi dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Data Sanitasi Kecamatan Asemrowo

No	Akses Layak	Jumlah
1	Tangki Septik Individual	9380
2	MCK	158
3	IPAL Komunal	1
4	BABs	1113

Sumber: Strategi Sanitasi Kota, 2017

Pada Kecamatan Asemrowo terdapat IPAL komunal di jalan Asem Mulya 5 yang melayani 1 RT. IPAL tersebut dibangun pada tahun 2016 oleh pemerintah Surabaya. Untuk pengelelolaan dan pemeliharaan dilakukan oleh masyarakat yang dilayani IPAL tersebut dan juga tenaga ahli dari pemerintahan jika terjadi masalah.

Selain itu, kondisi sanitasi yang tidak memadai dapat menyebabkan penyebaran penyakit terutama yang berhubungan dengan kebersihan lingkungan di masyarakat. Menurut data puskesmas Asemrowo tahun 2018, penyakit terbanyak yang dialami warga Kecamatan Asemrowo yaitu radang tenggorokan. Data penyakit warga Kecamatan Asemrowo dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Data Penyakit Terbanyak di Kecamatan Asemrowo

No	Nama Penyakit	Jumlah Kasus
1	Radang Tenggorokan	8829
2	Nyeri otot	1618
3	Gastritis	1299
4	Diare	1033
5	Hipertensi	808

Pada perencanaan ini pelayanan SPAL dan IPAL akan melayani kelurahan Asemrowo dan kelurahan Tambak Sarioso. Pada perencanaan ini jaringan SPAL dibagi menjadi 4 blok pelayanan yaitu blok A, blok B, blok C dan blok D. Hal tersebut dikarenakan wilayah yang akan dilayani terdapat utilitas jalan yang tidak dapat dilewati jaringan SPAL. Utilitas jalan tersebut adalah rel kereta api dan jalan tol.

3.5. Rencana Lokasi IPAL

Pada perencanaan ini terdapat empat blok pelayanan. Hal tersebut dikarenakan pada daerah perencanaan terdapat utilitas jalan yang tidak dapat dilewati pipa air limbah. Utilitas tersebut antara lain jalan tol dan rel kereta api. Blok pelayanan tersebut kemudian akan disebut sebagai blok A, blok B, blok C dan blok D. Blok A, blok B dan blok D berada di Kelurahan Asemrowo. Sedangkan untuk Blok C berada di kelurahan Tambak Sarioso. Untuk rencana lokasi IPAL blok A berada pada kelurahan Asemrowo di jalan tambak baru. Luas lahan yang tersedia sebesar 2125 m². Rencana lokasi IPAL A dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1. Rencana Lokasi IPAL A

Selanjutnya, rencana lokasi IPAL blok B berada pada kelurahan asemrowo di jalan Tanjungsari. Luas lahan yang tersedia sebesar 10.927,84 m². Rencana lokasi IPAL B dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2. Rencana Lokasi IPAL B

Rencana lokasi IPAL blok C berada pada kelurahan Tambak Sarioso di jalan Greges Citra. Luas lahan yang tersedia sebesar 4141,33 m². Rencana lokasi IPAL C dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3. Rencana Lokasi IPAL C

Untuk lokasi IPAL D akan diletakkan dibawah jalan protokol yang memiliki lebar 5 m. Hal tersebut dikarenakan lahan yang tersedia pada blok D jauh dari pemukiman penduduk, sehingga untuk pemeliharaan akan susah.

BAB IV METODE PERENCANAAN

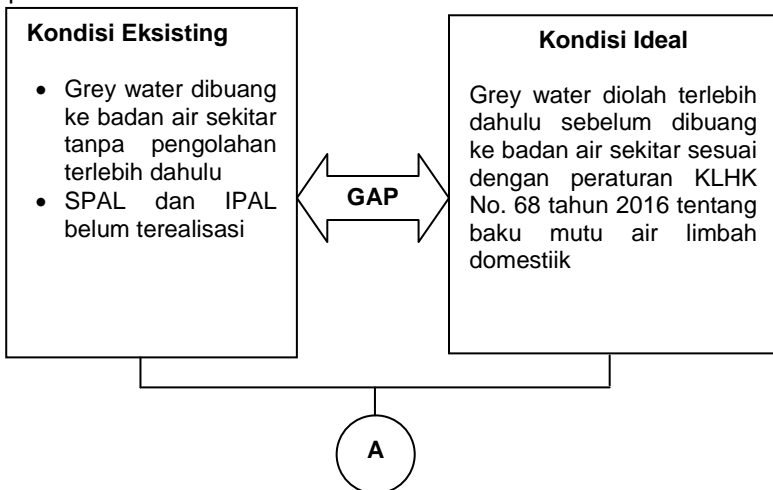
Metode perencanaan merupakan aspek penting dalam perencanaan. Hal ini diperlukan untuk memberikan gambaran serta langkah-langkah perencanaan. Wilayah perencanaan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah dilakukan di Kecamatan Asemrowo, Surabaya. Periode perencanaan adalah 12 tahun mengikuti rencana tata ruang dan wilayah kota. Perencanaan ini juga mempertimbangkan program pemerintah Kota Surabaya yaitu rencana induk sistem pengolahan air limbah.

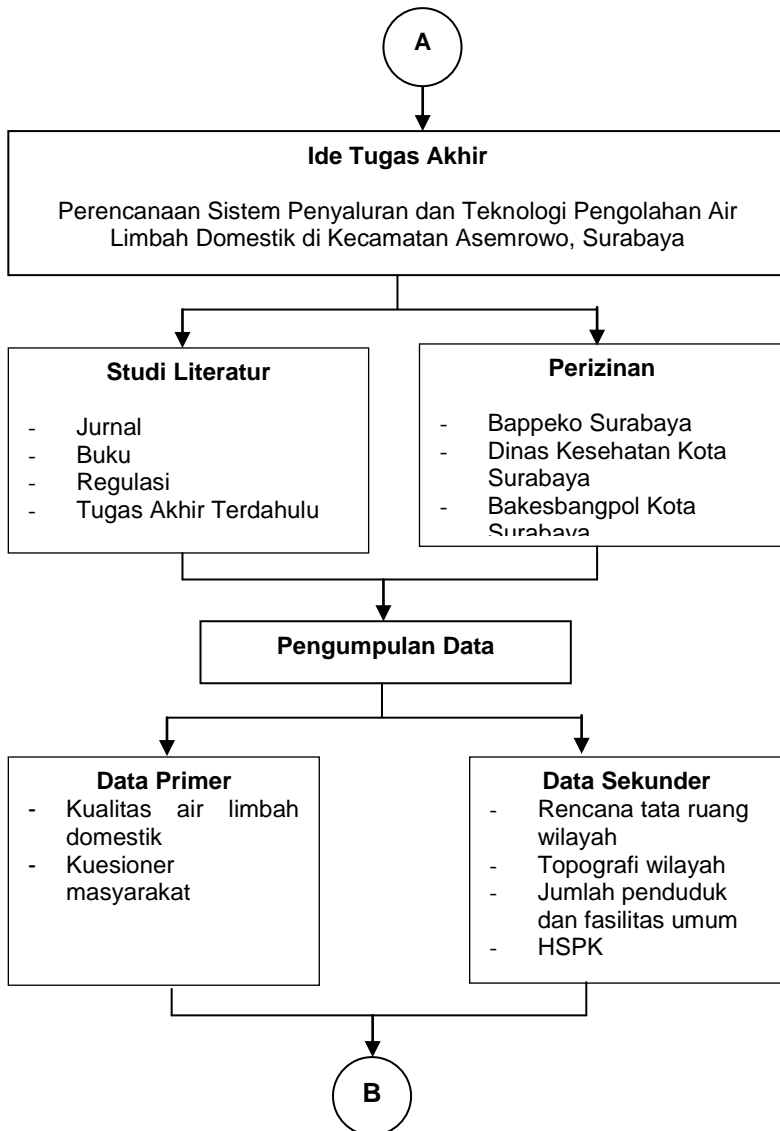
4.1. Kerangka Perencanaan

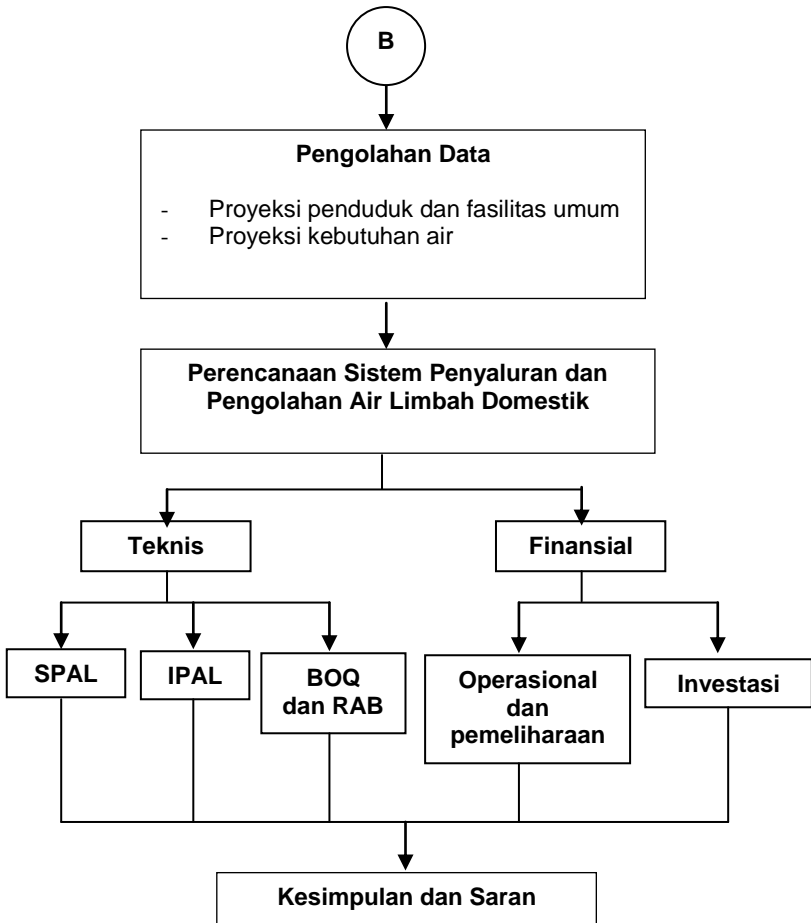
Kerangka perencanaan merupakan dasar perencanaan untuk mencapai tujuan perencanaan. Berikut ini adalah poin-poin kerangka perencanaan:

1. Gambaran awal perencanaan secara sistematis.
2. Menetapkan tahapan kerja untuk pelaksanaan perencanaan.
3. Mencari informasi atau data yang diperlukan untuk pelaksanaan perencanaan.
4. Melakukan perencanaan dengan detail dan teliti.

Diagram alir diperlukan untuk mempermudah proses perencanaan. Diagram alir pada perencanaan ini ditunjukkan pada Gambar 4.1.







Gambar 4.1. Diagram Alir Perencanaan

4.2. Ide Tugas Akhir

Ide tugas akhir ini adalah perencanaan sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Asemrowo, Surabaya. Ide ini dipicu karena air limbah domestik di Kecamatan Asemrowo langsung dibuang ke sungai tanpa pengolahan. Hal itu menyebabkan kali di Kecamatan Asemrowo menjadi tercemar. Menurut data puskesmas (2018), daftar 5 penyakit terbanyak di Kecamatan Asemrowo salah satunya yaitu diare. Hal tersebut dapat disebabkan karena kali di sekitar Kecamatan Asemrowo telah tercemar bakteri coliform, dimana bakteri tersebut dapat mengganggu alat pencernaan. Pada Strategi Sanitasi Kota Surabaya, disebutkan bahwa Kecamatan Asemrowo merupakan daerah resiko tinggi dalam hal sanitasi. Maka dari itu, diperlukan pembenahan dalam penyaluran dan pengolahan air limbah di Kecamatan Asemrowo. Selain itu, perencanaan ini juga mendukung program pemerintahan yang tertuang dalam Strategi Sanitasi Kota Surabaya tahun 2017-2021.

4.3. Perizinan

Perizinan diperlukan untuk mendapatkan data kondisi aktual. Perizinan dilakukan dengan pembuatan proposal dan pengantaran surat pengantar dari Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS kepada pihak-pihak terkait. Pihak yang terkait adalah Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya, Dinas Kesehatan Kota Surabaya, dan Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) Kota Surabaya.

4.4. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan dasar teori sebagai penunjang Tugas Akhir. Dasar teori didapatkan jurnal, buku, artikel, serta sumber lainnya (regulasi, brosur, dan sebagainya). Selain itu, studi literatur juga mengacu kepada tugas akhir sebelumnya sehingga didapatkan gambaran pada perencanaan ini. Tahapan ini berlangsung dari awal pembuatan tugas akhir hingga akhir pembuatan tugas akhir. Dalam perencanaan ini studi literatur yang dikaji antara lain pengetahuan dasar tentang air limbah domestik, baku mutu air limbah domestik, perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik,

perencanaan instalasi pengolahan air limbah, analisis kelayakan investasi, dan sistem operasional prosedur pengolahan air limbah domestik.

4.5. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperlukan sebelum memulai perencanaan. Data tersebut digunakan sebagai dasar perencanaan dan dapat memudahkan dalam proses perencanaan. Data digunakan untuk mendukung dua aspek perencanaan yaitu aspek teknis dan aspek finansial. Data yang mendukung kedua aspek tersebut masing-masing dikelompokkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer merupakan data yang didapatkan oleh perencana pada wilayah perencanaan secara langsung. Data primer yang mendukung aspek teknis pada perencanaan ini terdiri dari topografi wilayah perencanaan, kualitas air limbah domestik dan kuesioner masyarakat.

1. Kualitas Air Limbah

Pengukuran kualitas air limbah dilakukan pada IPAL terbangun yang ada di Kota Surabaya. Sampel air limbah yang diambil adalah campuran antara *grey water* dan *black water*. Pengambilan sampel air limbah dilakukan di inlet IPAL terbangun di rusunawa suko manunggal. Jumlah sampel yang dibutuhkan adalah sebanyak 600 mL. Pengujian Sampel air limbah dilakukan di laboratorium Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS. Pengujian sampel dilakukan sesuai dengan prosedur yang tertera pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

Tabel 4.1. Analisis Sampel Air Limbah

Parameter	Metode Analisis	SNI
pH	pH-meter	SNI 06.6989.11:2004
TSS	Gravimetri	SNI 06.6989.3:2004
BOD ₅	Winkler	SNI 6989.72:2009
COD	Titrimetri	SNI 6989.73:2009
Minyak dan Lemak	Gravimetri	SNI 06.6989.10:2004
Amonia	Spektrofotometer	SNI 06.6989.30:2005
Total Coliform	MPN	SNI 01.2332.1:2006

2. Kuesioner Masyarakat

Penyebaran kuesioner masyarakat menggunakan *random sampling*. Tujuan penyebaran kuesioner adalah untuk mengetahui pemahaman masyarakat mengenai air limbah. jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Dimana:

N = Jumlah populasi

n = jumlah sampel

e = batas toleransi kesalahan

Batas toleransi kesalahan pada penyebaran kuesioner adalah 14%. Hal ini dikarenakan faktor keterbatasan waktu dalam penyebaran kuesioner. Jumlah responden kuesioner yang didapatkan dari rumus slovin dengan pembagian wilayah sampel berdasarkan kelurahan di Kecamatan Asemrowo adalah sebagai berikut:

Kelurahan Tambak Sarioso:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$
$$n = \frac{8.261}{1 + 8.261 \times 0,14^2}$$

$$n = 51 \text{ KK}$$

$n = 51 \text{ KK}$

Jumlah responden kuesioner yang dibutuhkan untuk penyebaran kuesioner masyarakat di masing-masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.2. Jumlah Sampel di Masing-masing Kelurahan

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (KK)	Jumlah Sampel yang Diambil (KK)
1	Tambak Sarioso	1.794	27
2	Asemrowo	8.261	51
3	Genting Kalianak	2.011	27
Jumlah		12.066	105

3. Data Topografi

Data topografi didapatkan dengan menggunakan aplikasi altimeter. Aplikasi diunduh pada *google play*. Pengukuran dilakukan dengan datang pada lokasi yang akan direncanakan untuk mengetahui ketinggian pada daerah tersebut. Setelah itu pada aplikasi akan muncul rekam jejak dari GPS dan data ketinggian pada daerah yang telah ditelusuri.

Data sekunder merupakan data yang dapat didapatkan dari sumber lain. Data sekunder yang diperlukan untuk mendukung aspek teknis antara lain kebutuhan air, Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW), jumlah penduduk dan fasilitas umum.

1. Data dan Informasi monografi

Data yang akan diambil memuat kependudukan dan informasi umum di Kecamatan Asemrowo. Data tersebut dapat diperoleh dari Badan Pusat Statistik Surabaya.

2. Kebutuhan Air

Data kebutuhan air untuk setiap orang per harinya di wilayah perencanaan digunakan untuk memperkirakan air limbah domestik yang dihasilkan. Jumlah penduduk dan fasilitas umum juga mempengaruhi kebutuhan air pada tahun proyeksi baik kebutuhan air domestik maupun non domestik.

3. Data dan Informasi Sanitasi

Kondisi sanitasi eksisting di Kecamatan Asemrowo diperlukan guna mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Data sanitasi yang diambil yakni pada sektor air limbah. Data tersebut antara lain jumlah masyarakat yang masih melakukan BABs, kepemilikan jamban pribadi, kepemilikan tangki septik individu, dan lain-lain. Data tersebut dapat diperoleh dari puskesmas Asemrowo dan Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya.

4. Data dan Peta Administrasi

Dalam perencanaan ini diperlukan batasan-batasan administrasi Kecamatan Asemrowo. Data tersebut dapat diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya.

5. Peta Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya

RTRW diperlukan untuk mengetahui daerah yang akan dikembangkan dan mensinkronisasikan rencana jaringan perpipaan dengan rencana pengembangan tata guna lahan oleh pemerintah Kota Surabaya. Data tersebut dapat diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya.

6. Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya
Data sekunder yang diperlukan untuk mendukung aspek teknis adalah Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) untuk wilayah Kota Surabaya. HSPK menjadi dasar untuk merencanakan Rencana Anggaran Biaya (RAB) jaringan perpipaan yang merupakan aspek finansial dalam perencanaan ini.

4.6. Perencanaan SPAL dan IPAL

Perencanaan sistem jaringan penyaluran air limbah dilakukan berdasarkan data-data yang telah diperoleh baik data primer maupun data sekunder. Perencanaan ini berfokus pada pembangunan teknologi sanitasi berupa SPAL dan IPAL domestik. Selain itu, perencanaan ini meliputi aspek teknis dan finansial. Aspek teknis menjelaskan pemilihan sistem penyaluran air limbah, sistem pengolahan air limbah dan *bill of quantity* (BOQ) serta rencana anggaran biaya (RAB). *of quantity* (BOQ) dan rencana anggaran biaya (RAB) disesuaikan dengan harga satuan pokok kegiatan (HSPK) tahun 2018. Setelah perhitungan kebutuhan biaya dilakukan maka dapat dilakukan analisis kelayakan investasi.

4.6.1. Aspek Teknis

Adapun langkah perencanaan teknis meliputi:

1. Proyeksi penduduk dan fasilitas umum selama 10 tahun perencanaan
2. Penentuan daerah perencanaan
3. Menghitung kebutuhan air bersih
4. Menghitung kebutuhan air limbah
5. Perencanaan SPAL
6. Perencanaan IPAL
7. Menghitung profil hidrolis
8. Menghitung BOQ dan RAB SPAL dan IPAL

4.6.2. Aspek Finansial

Adapun langkah perencanaan Finansial meliputi:

1. Menghitung biaya inventasi pembangunan SPAL dan IPAL
2. Menghitung biaya operasional dan pemeliharaan SPAL dan IPAL berdasarkan petunjuk teknis dinas pekerjaan umum.

4.7. Penyusunan Laporan

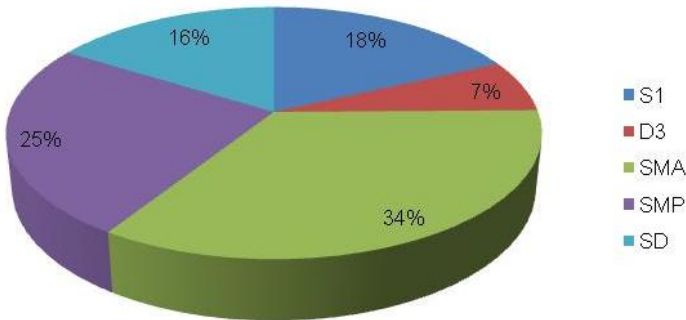
Semua data yang diperlukan, hasil analisis serta rencana pengembangan jaringan perpipaan ditulis pada laporan Tugas Akhir. Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir mengacu pada pedoman penyusunan laporan tugas akhir yang ditetapkan oleh Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS. Hasil perencanaan ini merujuk pada kesimpulan yang menjawab rumusan masalah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

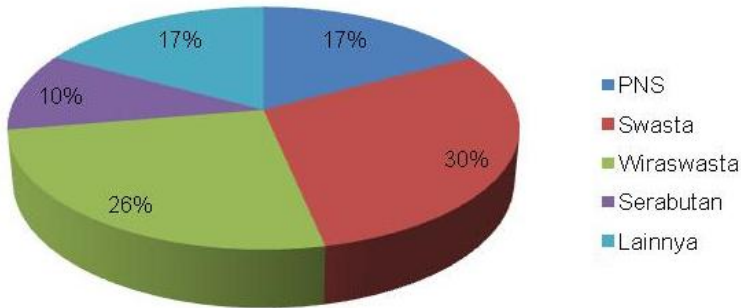
5.1. Analisis Survei Masyarakat

Analisis survei masyarakat dilakukan dengan menyebarkan kuisisioner yang berisi tentang jumlah keluarga, pendidikan, pekerjaan, penghasilan, sumber air bersih, ketersediaan jamban dan tangki septik. Penyebaran kuisisioner ditujukan pada masyarakat Kecamatan Asemrowo yang berjumlah 48.264 jiwa dengan rata-rata anggota keluarga 4 jiwa/KK. Metode pengambilan sampel yang digunakan yaitu random sampling dengan jumlah responden dihitung menggunakan rumus slovin dengan galat 14% dan didapatkan jumlah responden sebanyak 105 KK. Gambar 5.1. menunjukkan hasil tingkat pendidikan masyarakat Kecamatan Asemrowo.



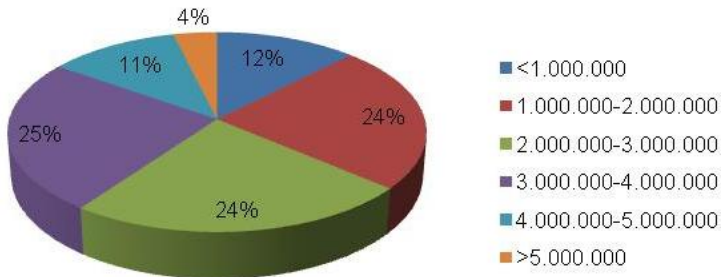
Gambar 5.1. Komposisi Pendidikan Masyarakat Kecamatan Asemrowo

Penyebaran tingkat pendidikan di Kecamatan Asemrowo rata-rata tingkat pendidikan terakhir adalah SMA. Sedangkan untuk jenis pekerjaan masyarakat Kecamatan Asemrowo dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2. Komposisi Pekerjaan Masyarakat Kecamatan Asemrowo

Jenis pekerjaan masyarakat Kecamatan Asemrowo didominasi oleh wiraswasta dan swasta. Untuk penghasilan masyarakat Kecamatan Asemrowo dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Komposisi Penghasilan Masyarakat Kecamatan Asemrowo

Tingkat penghasilan masyarakat Kecamatan Asemrowo paling banyak yaitu ada direntang 3.000.000-4.000.000 rupiah. Selain itu, terdapat survei ketersediaan sarana air limbah domestik. Survei tersebut mengenai ketersediaan jamban, jenis jamban, kepemilikan tangki septik dan waktu pengurusan tangki septik. Hasil survei tersebut dapat dilihat pada gambar 5.4, 5.5, 5.6, 5.7.



Gambar 5.4. Komposisi Ketersediaan Jamban Masyarakat Kecamatan Asemrowo

Masyarakat Kecamatan Asemrowo sebagian besar telah memiliki jamban yakni pribadi sebanyak 95%.



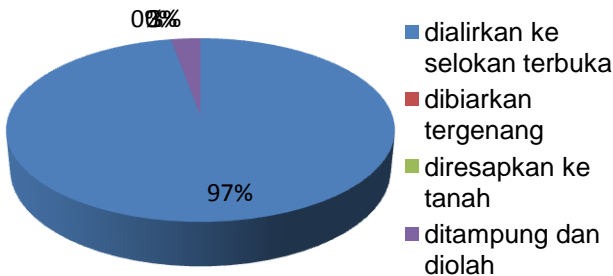
Gambar 5.5. Komposisi Jenis Jamban Masyarakat Kecamatan Asemrowo

Jenis jamban yang dimiliki masyarakat Kecamatan Asemrowo adalah leher angsa. Sedangkan untuk kepemilikan tangki septik masyarakat Kecamatan Asemrowo dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Komposisi Kepemilikan Tangki Septik Masyarakat Kecamatan Asemrowo

Kepemilikan tangki septik pada masyarakat Kecamatan Asemrowo yakni sebesar 69%. Sedangkan 31% masyarakat kecamatan Asemrowo tidak memiliki tangki septik dan air dari MCK dialirkan langsung ke selokan terbuka.



Gambar 5.7. Komposisi Penanganan Air Limbah Domestik Masyarakat Kecamatan Asemrowo

Masyarakat Kecamatan Asemrowo sebesar 97% membuang air limbah domestik dengan mengalirkannya ke selokan terbuka (drainase). Sedangkan, sebanyak 3% masyarakat Kecamatan Asemrowo memiliki IPAL komunal sehingga air limbah domestik di alirkan menuju IPAL komunal. IPAL Komunal yang dimiliki di Kecamatan Asemrowo berada pada di jalan Asem Mulya 5, Kelurahan Asemrowo.

Selain itu terdapat pengumpulan data berupa persetujuan untuk pengolahan air limbah secara komunal, ketersediaan partisipasi masyarakat untuk dilibatkan dan kesediaan membayar retribusi IPAL komunal yang akan dibangun. Metode pengumpulan data yaitu dengan memilih salah satu tingkat persetujuan pilihan dari pernyataan yang tersedia. Untuk penilaian akan menggunakan rumus Likert yang bertujuan untuk mengukur persepsi atau pendapat responden. Hasil pemilihan akan dilakukan perhitungan skor sehingga didapatkan kesimpulan mengenai kesediaan masyarakat terkait pertanyaan yang diajukan.

a. Kesediaan Masyarakat untuk Pengadaan Pengelolaan Air Limbah Komunal

Hasil kuesioner direkapitulasi dan dihitung skor dengan mengalikan bobot dan jumlah tiap poin dari pendapat atas pertanyaan terkait.

$$\text{Skor} = T \times P_n$$

T= Total jumlah responden yang memilih

P_n= Pilihan angka skor Likert

Perhitungan skor untuk kesediaan masyarakat akan pengadaan Pengelolaan Air Limbah Komunal dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Perhitungan Skor Kesediaan Masyarakat Untuk Pengadaan Pengelolaan Air Limbah Komunal

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
Sangat setuju	5	12	60
Setuju	4	70	280
Netral	3	16	48
Tidak setuju	2	7	14
Sangat tidak setuju	1	0	0
Total		105	402

Hasil dari skala likert adalah interpretasi, maka terlebih dahulu harus diketahui skor tertinggi untuk penilai indeks presentase likert. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

Y= bobot tertinggi x total responden

Dimana: Y= skor tertinggi likert

Y= 5 x 105 = 525

Rumus Indeks = $\frac{\text{Total Skor}}{Y} \times 100\%$

Rumus Indeks = $\frac{402}{525} \times 100\% = 76,57 \%$

Kriteria interpretasi skor berdasarkan interval disajikan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Kriteria Interpretasi Skor Perhitungan Likert

Tabel Presentasi Nilai	Keterangan
0%-19,99%	Sangat Tidak Setuju
20%-39,99%	Tidak Setuju
40%-59,99%	Netral
60%-79,99%	Setuju
80%-100%	Sangat Setuju

Perhitungan menggunakan likert untuk kesiapan masyarakat akan pengadaan pengelolaan air limbah komunal menghasilkan rumus indeks 76,57%. Berdasarkan interpretasi nilai skala likert dapat dikategorikan masyarakat Kecamatan Asemrowo setuju untuk pengadaan pengelolaan air limbah Komunal. Dikarenakan masyarakat yang menyetujui hanya 76,57%, maka pembangunan dilakukan secara bertahap. Sedangkan untuk 23,43% yang lain akan dilakukan sosialisasi tentang pentingnya pengolahan air limbah domestik. Pembangunan bertahap dilakukan 30% setiap tahunnya.

b. Kesiapan Masyarakat untuk Berpartisipasi dalam Pengelolaan Air Limbah

Tabel 5.3. Perhitungan Likert Kesiapan Masyarakat untuk Berpartisipasi dalam Pengelolaan Air Limbah

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
sangat setuju	5	0	0

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
setuju	4	79	316
netral	3	16	48
Tidak setuju	2	10	20
sangat tidak setuju	1	0	0
Total		105	384
Y			525
Rumus Indeks			73,14%

Perhitungan menggunakan likert untuk kesediaan masyarakat untuk berpartisipasi dalam pengelolaan air limbah menghasilkan rumus indeks 73,14%. Berdasarkan interpretasi nilai skala likert dapat dikategorikan masyarakat Kecamatan Asemrowo setuju untuk berpartisipasi dalam pengelolaan air limbah.

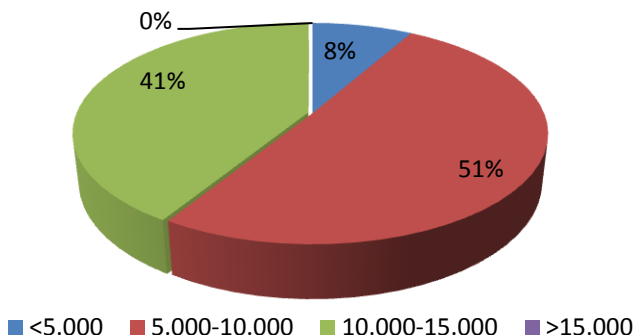
c. Kesediaan Masyarakat untuk Membayar Biaya Retribusi Pengelolaan Air Limbah

Tabel 5.4. Perhitungan Likert Kesediaan Masyarakat untuk Membayar Biaya Retribusi Pengelolaan Air Limbah

Poin	Bobot	Jumlah	Skor
sangat setuju	5	6	30
setuju	4	57	228
netral	3	22	66
Tidak setuju	2	20	40
sangat tidak setuju	1	0	0
Total		105	364
Y			525
Rumus Indeks			69,33%

Perhitungan menggunakan likert untuk kesediaan masyarakat untuk membayar biaya retribusi pengelolaan air limbah menghasilkan rumus indeks 69,33%. Berdasarkan

interpretasi nilai skala likert dapat dikategorikan masyarakat Kecamatan Asemrowo setuju untuk membayar biaya retribusi pengelolaan air limbah. Sedangkan jumlah biaya retribusi yang disanggupi oleh masyarakat Kecamatan Asemrowo dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8. Komposisi Pembayaran Retribusi Pengelolaan Air Limbah Berdasarkan grafik masyarakat Kecamatan Asemrowo menyanggupi untuk membayar retribusi sebesar 5.000-10.000 rupiah setiap bulannya.

5.2. Sistem Penyaluran Air Limbah

Perencanaan sistem penyaluran air limbah meliputi limbah domestik di Kecamatan Asemrowo.

5.2.1. Proyeksi Penduduk

Pada perencanaan ini ditetapkan waktu perencanaan selama 10 tahun. Dengan data kependudukan di Kecamatan Asemrowo yang dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Data Kependudukan Kecamatan Asemrowo Tahun 2014-2017

Tahun	jumlah penduduk (jiwa)	Pertumbuhan Penduduk	
		Jiwa	Presentase
2014	42516	0	0,0000
2015	45933	3417	0,0804

Tahun	jumlah penduduk (jiwa)	Pertumbuhan Penduduk	
		Jiwa	Presentase
2016	46304	371	0,0081
2017	48264	1960	0,0423
Jumlah	183017	5748	0,1308
Rata-rata pertumbuhan penduduk			0,0327
standar deviasi			0,0367
standar deviasi minimum			-0,0040
standar deviasi maksimum			0,0694

Sumber: Badan Pusat Statistik

Pada Tabel 5.5. menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan penduduk Kecamatan Asemrowo sebesar 0,0327 dan presentase pertumbuhan penduduk 0,1308. Setelah itu dilakukan penentuan metode perhitungan proyeksi penduduk yang terdiri dari metode aritmatik, geometri dan *least square*. Metode perhitungan akan digunakan apabila nilai korelasi mendekati angka 1. Perhitungan masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 5.6, Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.6. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatika

Tahun	Jumlah Penduduk	X (selisih tahun data tiap tahun)	Y (selisih total data tiap tahun)	XY	X ²	Y ²	r (koefisien Korelasi)
2014	42516	0	0	0	0	0	0,23
2015	45933	1	3417	3417	1	11675889	
2016	46304	2	371	742	4	137641	
2017	48264	3	1960	5880	9	3841600	
Jumlah	183017	6	5748	10039	14	15655130	

Tabel 5.7. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometri

Tahun	Jumlah Penduduk	X (selisih tahun data tiap tahun)	Y (selisih total data tiap tahun)	XY	X ²	Y ²	r (koefisien Korelasi)
2014	42516	1	10,65764	10,65764	1	113,5852	0,94
2015	45933	2	10,73494	21,46988	4	115,2389	
2016	46304	3	10,74298	32,22895	9	115,4117	
2017	48264	4	10,78444	43,13776	16	116,3042	
Jumlah	183017	10	42,92	107,4942	30	460,54	

Tabel 5.8. Perhitungan Nilai Korelasi Metode Least Square

Tahun	Jumlah Penduduk	X (selisih tahun data tiap tahun)	Y (selisih total data tiap tahun)	XY	X ²	Y ²	r (koefisien Korelasi)
2014	42516	1	42516	42516	1	1,81E+09	0,95
2015	45933	2	45933	91866	4	2,11E+09	
2016	46304	3	46304	138912	9	2,14E+09	
2017	48264	4	48264	193056	16	2,33E+09	
Jumlah	183017	10	183017	466350	30	8,39E+09	

Hasil perhitungan nilai korelasi yang mendekati 1 adalah metode least square. Oleh karena itu, pada perhitungan proyeksi penduduk untuk perencanaan ini menggunakan metode least square. Menurut UN ESCAP (2015), metode *least square* didapatkan melalui pertumbuhan penduduk secara logaritmik. Rumus yang digunakan untuk proyeksi *least square* yaitu:

$$P_n = a + (b \times n) \quad (2.23)$$

dengan :

$$a = \frac{\sum y (\sum x^2) - (\sum x \sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.24)$$

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x \sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.25)$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)

n = beda tahun yang dihitung dari tahun awal

a dan b = konstanta

y = jumlah penduduk (jiwa)

x = nomor data

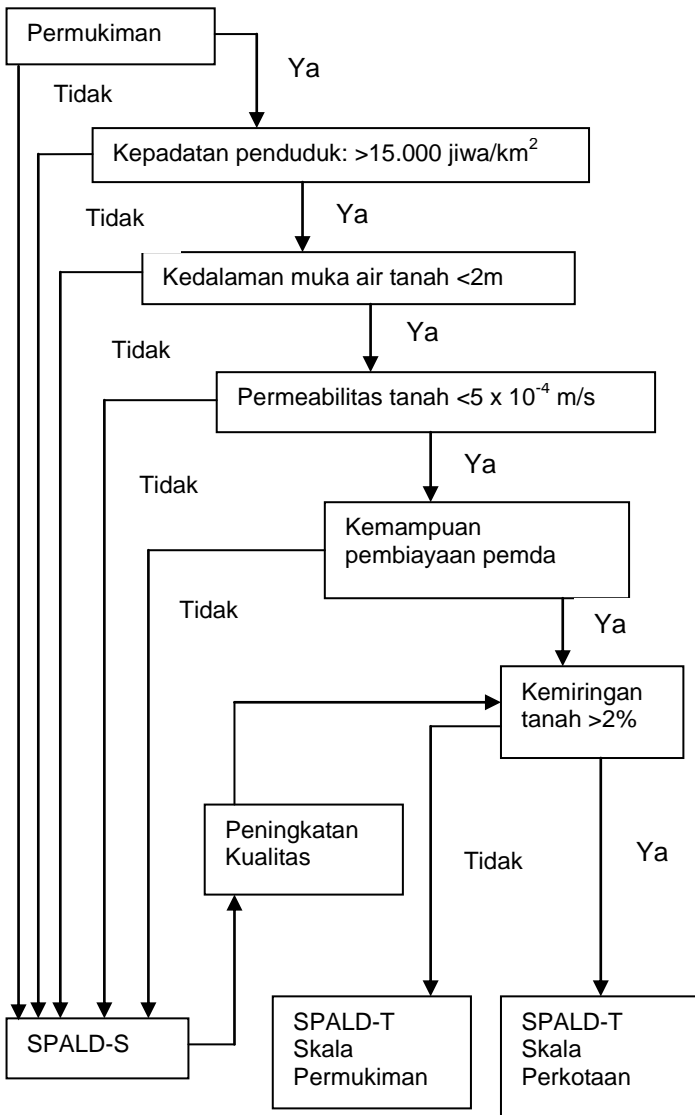
Hasil perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Asemrowo tahun 2020-2030 dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Proyeksi Penduduk Kecamatan Asemrowo Tahun 2020-2030

Tahun	Kelurahan		
	Tambak Sarioso (jiwa)	Asemrowo (jiwa)	Genting Kalianak (jiwa)
2020	7002	31809	7824
2021	7130	33265	8002
2022	7258	34721	8180
2023	7386	36176	8357
2024	7514	37632	8535
2025	7642	39087	8713
2026	7770	40543	8891
2027	7898	41999	9069
2028	8026	43454	9247
2029	8154	44910	9425
2030	8282	46365	9603

5.2.2. Alternatif Sistem Penyaluran Air Limbah

Pertimbangan untuk pemilihan sistem penyaluran air limbah menurut PERMEN PUPR nomor 4 tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik antara lain, kepadatan penduduk >15.000 jiwa/Km², sumber air yang ada, kedalaman air tanah, permeabilitas tanah, kemiringan tanah, ketersediaan lahan, termasuk kemampuan membiayai.



Gambar 5.9. Bagan Alir Pemilihan SPAL

Untuk kecamatan Asemrowo memiliki kepadatan penduduk 3.467,24 jiwa/Km². Sedangkan kedalaman air tanah berkisar antara 2-3 m, permeabilitas tanah yang cukup tinggi dan kemiringan tanah <2%. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut maka dapat digunakan sistem penyaluran air limbah terpusat dengan pemilihan teknologi tertentu. Bagan alir pemilihan jenis SPAL dapat dilihat pada Gambar 5.9.

Pada pemilihan sistem perpipaan mempertimbangkan kepadatan penduduk, peruntukan kawasan, kedalaman penggalian dan kepemilikan tangki septik. Dikarenakan kecamatan Asemrowo adalah daerah pemukiman padat dan area perdagangan dan kepemilikan tangki septik sebesar 97%, maka digunakan *Shallow Sewer*.

5.2.3. Debit Air Limbah Domestik

Perhitungan debit air limbah didapatkan dari kebutuhan air bersih di Kecamatan Asemrowo. Untuk kebutuhan air bersih masyarakat Kecamatan Asemrowo didapatkan dari penyebaran kusioner dengan jumlah responden sebanyak 105 KK. Untuk penentuan debit air limbah diambil 90% dari debit kebutuhan air bersih. Hal tersebut dikarenakan sebagian masyarakat Kecamatan Asemrowo menggunakan air bersih untuk Mencuci, Mandi, Kakus dan memasak. Sehingga 10% dari air bersih digunakan untuk menyiram tanaman dan hal lainnya yang mengakibatkan air bersih langsung terserap ke tanah. Hasil survei tentang kebutuhan air bersih dapat dilihat pada lampiran. Debit air bersih yang didapatkan yaitu sebesar 108,74 L/orang.hari, sehingga debit air limbah yang dihasilkan 97,87 L/orang.hari.

Untuk kebutuhan bersih fasilitas umum yang dimasukkan adalah fasilitas umum sekolah. Menurut SNI 03-7065-2005 tentang tata cara pelaksanaan sistem plambing, kebutuhan air bersih untuk sekolah dapat dilihat pada Tabel 5.87.

Tabel 5.10. Kebutuhan Air Fasilitas Umum

No	Fasilitas	Pemakaian Air (L/orang.hari)
1.	Sekolah Dasar	40
2.	SMP dan sederajat	50

No	Fasilitas	Pemakaian Air (L/orang.hari)
3.	SMA dan sederajat	80

Sumber: SNI 03-7065-2005

Fasilitas umum yang ada di Kecamatan Asemrowo dan juga air limbah yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Air Limbah Fasilitas Umum Kecamatan Asemrowo

Kelurahan	Jumlah Fasilitas			Kebutuhan Air (m ³ /hari)			Debit Air Limbah (m ³ /hari)
	SD	SMP	SMA	SD	SMP	SMA	
Asemrowo	5	5	1	0,2	0,25	0,08	0,477
Tambak Sarioso	1	0	0	0,04	0	0	0,036
Genting Kalianak	1	0	0	0,04	0	0	0,036

Pada daerah perencanaan ini akan direncanakan pelayanan pengelolaan air limbah menjadi 4 blok. Hal tersebut dikarenakan terdapat utilitas jalan yang tidak dapat dilewati oleh sistem penyaluran air limbah seperti rel kereta api dan jalan tol. Pembagian jumlah penduduk tiap blok dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12. Jumlah Penduduk Terlayani Setiap Blok

Nama Blok	Kelurahan yang Dilayani	Persen Pelayanan	Jumlah Penduduk (Jiwa)
Blok A	Asemrowo	38,8%	18547
Blok B	Asemrowo	27,6%	6955
Blok C	Genting Kalianak	39,1%	3727
Blok D	Asemrowo	6,1%	2812

Pembagian persen pelayanan didapatkan dari perhitungan luas wilayah permukiman kelurahan yang dilayani dibagi dengan luas wilayah daerah pelayanan. Perhitungan persen pelayanan pada blok A menggunakan persamaan sebagai berikut.

%pelayanan= Luas wilayah kecamatan Asemrowo/Luas daerah pelayanan blok A

%pelayanan= $1,14 \text{ km}^2 / 0,44 \text{ km}^2 \times 100\% = 38,8\%$

Tabel 5.13. Debit Air Limbah Rata-rata Blok A

Nama Blok	Jumlah penduduk terlayani (jiwa)	Debit Air Limbah (m³/s)
blok A1	3710	0,0042
blok A2	7419	0,0084
blok A3	7419	0,0084

Tabel 5.14. Debit Air Limbah Rata-rata Blok B

Nama Blok	Jumlah penduduk terlayani (jiwa)	Debit Air Limbah (m³/s)
blok B1	4173	0,0047
blok B2	2782	0,0032

Tabel 5.15. Debit Air Limbah Rata-rata Blok C

Nama Blok	Jumlah penduduk terlayani (jiwa)	Debit Air Limbah (m³/s)
blok C1	1864	0,0021
blok C2	1119	0,0013
blok C3	746	0,0008

Tabel 5.16. Debit Air Limbah Blok D

Nama Blok	Jumlah penduduk terlayani (jiwa)	Debit Air Limbah (m³/s)
blok 1	2782	0,0032
blok 2	9737	0,0110
blok 3	1391	0,0016

5.2.4. Pembebanan Air Limbah

Pada perencanaan ini dihitung pembebanan air limbah yang akan masuk kedalam pipa penyaluran air limbah. perhitungan dilakukan dengan mejumlah debit rata-rata, debit puncak dan debit minimum air limbah serta debit infiltrasu yang dihasilkan pada masing-masing blok. Berikut contoh perhitungan untuk debit rata-rata.

Pembebanan pada pipa A-1

Menghitung debit infiltrasi yang masuk kedalam pipa atau bangunan pelengkap penyaluran air limbah seperti manhole dan lain-lain. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Q_{inf} = \text{Panjang pipa}/1000 \times Q_{rata-rata}$$

$$Q_{inf} = 119,14 \text{ m}/1000 \times 0,0042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{inf} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}/1000\text{m}$$

$$Q \text{ rata-rata total} = Q_{inf} + Q_{rata-rata}$$

$$Q \text{ rata-rata total} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}/1000\text{m} + 0,0042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ rata-rata total} = 0,0047 \text{ m}^3/\text{s}$$

Selanjutnya menghitung debit puncak yang dihitung berdasarkan faktor puncak pengaliran.faktor puncak pengaliran ditentukan oleh jumlah penduduk pada tahun terakhir perencanaan pada masing-masing blok. Faktor puncak pada setiap pipa memiliki nilai yang sama supaya debit air limbah yang masuk ke pipa sama.

$$Fp = \frac{18 + P^{0,5}}{4 + P^{0,5}}$$

Dimana:

Fp= Faktor Puncak

P= Jumlah penduduk

$$Fp = \frac{18 + P^{0,5}}{4 + P^{0,5}}$$

$$Fp = \frac{18 + 3710^{0,5}}{4 + 3710^{0,5}}$$

$$Fp = 1,1$$

Qpuncak= Fp x Qrata-rata

$$Q_{puncak} = 1,1 \times 0,0042$$

Perhitungan selanjutnya, menghitung debit minimum dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Q_{minimum} = 0,2 \times P^{0,2}/1000 \times Q_{rata-rata}$$

$$Q_{minimum} = 0,2 \times 3710^{0,2}/1000 \times 0,0042 = 0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 5.17. Pembebanan Blok A

no	Pipa	Jenis Pipa	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Q Rata-rata (m ³ /s)	Qinf m ³ /s /1000m	Q rata-rata total (m ³ /s)	Q puncak (m ³ /s)	Q min (m ³ /s)
1	A-1	Sekunder	Blok A1	119,14	3710	0,0042	0,00050	0,00470	0,0051	0,0011
2	A-B	Primer	Blok A1	112,34	3710	0,0042	0,00047	0,00467	0,0051	0,0011
3	B-C	Primer	Blok A1	116,72	3710	0,0042	0,00049	0,00469	0,0051	0,0011
4	2-3	Sekunder	Blok A2	116,33	2968	0,0034	0,00039	0,00375	0,0041	0,0008
5	C-3	Sekunder	Blok A2	142,03	2968	0,0034	0,00048	0,00384	0,0042	0,0008
6	C-D	Primer	Blok A1 + A2	173,1	6678	0,0076	0,00131	0,00887	0,0096	0,0022
7	D-4	Sekunder	Blok A2	253,53	4452	0,0050	0,00128	0,00632	0,0068	0,0014
8	D-E	Primer	Blok A1 + A2	183,93	11130	0,0126	0,00232	0,01493	0,0162	0,0041
9	5-6	Sekunder	Blok A3	90,98	3710	0,0042	0,00038	0,00458	0,0050	0,0011
10	6-7	Sekunder	Blok A3	128,07	3710	0,0042	0,00054	0,00474	0,0052	0,0011
11	E-6	Sekunder	Blok A3	80,2	7420	0,0084	0,00067	0,00908	0,0099	0,0025
12	E-F	Primer	Blok A1 + A2 + A3	127,63	18550	0,0210	0,00268	0,02369	0,0258	0,0075
13	F-G	Primer	Blok A1 + A2 + A3	163,97	18550	0,0210	0,00345	0,02446	0,0266	0,0075

no	Pipa	Jenis Pipa	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Q Rata-rata (m ³ /s)	Qinf m ³ /s /1000m	Q rata-rata total (m ³ /s)	Q puncak (m ³ /s)	Q min (m ³ /s)
14	F-IPAL	Primer	Blok A1 + A2 + A3	122,34	18550	0,0210	0,00257	0,02358	0,0257	0,0075

Tabel 5.18. Pembebanan Blok B

no	Pipa	Jenis Pipa	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Q Rata-rata	Qinf m ³ /s /1000m	Q rata-rata (m ³ /s)	Fp	Q puncak (m ³ /s)	Q min (m ³ /s)
1	A-1	Sekunder	Blok B1	338,17	2782	0,004727	0,0015	0,0063	1,16	0,0071	0,0012
2	A-B	Primer	Blok B1	207,29	2782	0,004727	0,0009	0,0057	1,16	0,0065	0,0012
3	B-C	Primer	Blok B1	294,14	2782	0,004727	0,0013	0,0061	1,16	0,0069	0,0012
5	2-3	Sekunder	Blok B2	253,14	4173	0,003152	0,0007	0,0039	1,16	0,0045	0,0008
6	C-2	Sekunder	Blok B2	145,4	4173	0,003152	0,0004	0,0036	1,16	0,0041	0,0008
7	C-IPAL	Primer	Blok B1 + B2	26	6955	0,007879	0,0002	0,0081	1,16	0,0093	0,0023

Tabel 5.19. Pembebanan Blok C

no	Pipa	Jenis Pipa	Beban Debit	Panjang Pipa (m)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Q Rata-rata	Qinf m3/s /1000m	Q rata-rata (m3/s)	Fp	Q puncak (m3/s)	Q min (m3/s)
1	A-1	Sekunder	Blok C1	55,47	1492	0,0017	9,37E-05	0,0018	1,22	0,0021	3,66E-04
2	A-2	Sekunder	Blok C2	49,87	1119	0,0013	6,32E-05	0,0013	1,22	0,0016	2,59E-04
3	A-B	Primer	Blok C 1+ C2	95,34	2611	0,0030	2,82E-04	0,0032	1,22	0,0039	7,16E-04
4	B-3	Sekunder	Blok C1	130,75	373	0,0004	5,52E-05	0,0005	1,22	0,0006	6,93E-05
5	B-4	Sekunder	Blok C3	30,41	746	0,0008	2,57E-05	0,0009	1,22	0,0011	1,59E-04
6	B-C	Primer	Blok C 1+ C2 + C3	70,54	3730	0,0042	2,98E-04	0,0045	1,22	0,0054	1,10E-03
7	C-IPAL	Primer	Blok C1 + C2 + C3	16,05	3730	0,0042	6,78E-05	0,0043	1,22	0,0052	1,10E-03

Tabel 5.20. Pembebanan Blok D

no	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Jumlah Penduduk Terlayani (jiwa)	Q Rata-rata	Qinfiltrasi m ³ /s/1000m	Q rata-rata (m ³ /s)	Fp	Q puncak (m ³ /s)	Q min (m ³ /s)
1	A-B	sekunder	441,76	600	0,0007	0,0003	0,00098	1,49	0,00199	0,000123
2	C-D	sekunder	507,65	532	0,0006	0,0003	0,00091	1,52	0,00182	0,000106
3	F-G	sekunder	531,61	476	0,0005	0,0003	0,00083	1,54	0,00166	0,000093
4	H-I	sekunder	525,28	448	0,0005	0,0003	0,00077	1,56	0,00156	0,000086

5.2.5. Dimensi Pipa Air Limbah

Perhitungan dimensi pipa air limbah berdasarkan pada pembebanan jalur pipa masing-masing blok. Perhitungan dimensi pipa air limbah dapat dilakukan sebagai berikut.

Jalur A-1

Diketahui:

- a. Panjang Pipa = 119,14 m
- b. Jenis Pipa = PVC
- c. Elevasi medan awal = 4,877 m
- d. Elevasi medan akhir = 4,271 m
- e. Qrata-rata = 0,0047 m³/s
- f. Qpuncak = 0,0051 m³/s
- g. Qminimum = 0,0011 m³/s
- h. Koefisien manning = 0,012

1. Menentukan nilai d/D pada pipa direncanakan sebesar 0,8 nilai d/D yang telah ditentukan kemudian diplotkan pada grafik Geometric and Hydraulics Ratios for Circular Cross Section sehingga didapatkan nilai Qpeak/Qfull untuk pipa sebesar 0,975.

2. Menghitung nilai Qfull menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{full} = \frac{Q_{peak}}{\frac{Q_{peak}}{Q_{full}}}$$

$$Q_{full} = \frac{0,0051}{0,975} = 0,00525 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Menghitung diameter pipa dengan persamaan berikut.

4. $D = \left(\frac{Q_{full} \times n}{0,3117 \times S^{0,5}} \right)^{0,375}$

$$D = \left(\frac{0,00525 \times 0,0012}{0,3117 \times 0,005^{0,5}} \right)^{0,375} = 107 \text{ mm}$$

Diameter dari hasil perhitungan kemudian disesuaikan dengan diameter pipa yang ada dipasaran. Diameter pipa terpilih yaitu 112 mm dengan diameter luar 114 mm.

5. Menghitung luas pipa air limbah saat penuh dengan persamaan sebagai berikut.

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

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,112^2 \text{ m} = 0,0098 \text{ m}^2$$

6. Menghitung nilai Q_{full} dengan diameter pasaran yang terpilih dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{0,012} \times 0,112^{\frac{8}{3}} \times 0,006^{\frac{1}{2}} = 0,0059 \text{ m}^3/\text{s}$$

7. Menghitung nilai V_{full} dengan diameter pasaran yang terpilih dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_{full} = Q_{full}/A_{full}$$

$$V_{full} = 0,0059 \text{ m}^3/\text{s} / 0,0098 \text{ m}^2 = 0,596 \text{ m/s}$$

8. Menghitung nilai Q_{min}/Q_{full} dengan persamaan sebagai berikut.

$$9. Q_{min}/Q_{full} = 0,00109 \text{ m}^3/\text{s} / 0,0059 \text{ m}^3/\text{s} = 0,186$$

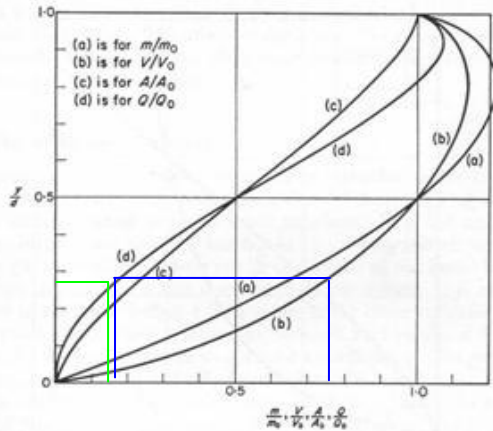
10. Menentukan nilai V_{min}/V_{full} menggunakan grafik Geometric and Hydraulics Ratios for Circular Cross Section. Nilai V_{min}/V_{full} didapatkan dari menarik garis Q_{min}/Q_{full} hingga menyentuh garis d (Q/Q_0). Kemudian ditarik garis ke samping hingga menyentuh garis b (V/V_0) dan ditarik menuju sumbu X hingga mendapatkan nilai V_{min}/V_{full} . Nilai V_{min}/V_{full} yang didapatkan adalah 0,78.

11. Menghitung kembali nilai $V_{minimum}$ dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_{min} = V_{full} \times V_{min}/V_{full}$$

$$V_{min} = 0,596 \text{ m/s} \times 0,78 = 0,46 \text{ m/s}$$

12. Menghitung kedalaman renang untuk menentukan volume penggelontoran apabila kecepatan minimum tidak terpenuhi. Kecepatan minimum agar tidak terjadi pengendapan dalam pipa dan agar terjadi self-cleansing adalah 0,6 m/s. Dan kedalaman renang yang diperbolehkan yaitu 0,05 m. Menghitung kedalaman renang dengan menarik garis Q_{min}/Q_{full} hingga menyentuh garis d dan ditarik kesamping ke arah sumbu y dan dipatkan nilai d/D . Nilai d/D yang didapatkan yaitu 0,28.



Gambar 5.10. Hydraulics Elements for Circular Sewer
 Sumber: Tchobanoglous dkk, 1981

13. Kedalaman renang didapatkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$d = d/D \times D$$

$$d = 0,28 \times 0,112 \text{ m} = 0,03 \text{ m}$$

5.2.5. Penanaman Pipa Air Limbah

Perencanaan Penanaman pipa air limbah mempertimbangkan persyaratan teknis antara lain kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan, biaya konstruksi dan kedalaman pipa. Penanaman pipa disesuaikan dengan slope pipa yang direncanakan sehingga air limbah mengalir secara gravitasi. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari penggunaan pompa. Kedalaman penanaman pipa air limbah maksimal berdasarkan pertimbangan berdasarkan pertimbangan biaya dan kemudahan dalam penggalian serta risiko pemasangan pipa air limbah. Perhitungan penanaman pipa air limbah dapat dilakukan sebagai berikut

Tabel 5.21. Dimensi Pipa Air Limbah Blok A

no	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Q rata-rata (m ³ /s)	Q puncak	Q min	S Medan	d/D
				Awal	Akhir					
1	A-1	Sekunder	119,14	4,877	4,271	0,0046	0,0050	0,0011	0,005	0,8
2	A-B	Primer	112,34	4,271	3,652	0,0045	0,0049	0,0011	0,006	0,8
3	B-C	Primer	116,72	3,652	3,148	0,0046	0,0050	0,0011	0,004	0,8
4	2-3	Sekunder	116,33	4,267	4,577	0,0036	0,0040	0,0008	-0,003	0,8
5	C-3	Sekunder	142,03	4,577	3,148	0,0037	0,0041	0,0008	0,010	0,8
6	C-D	Primer	173,1	3,148	2,552	0,0086	0,0094	0,0021	0,003	0,8
7	D-4	Sekunder	253,53	3,872	2,552	0,0061	0,0066	0,0013	0,005	0,8
8	D-E	Primer	183,93	2,552	2,878	0,0145	0,0157	0,0039	-0,002	0,8
9	5-6	Sekunder	90,98	3,048	2,986	0,0044	0,0049	0,0011	0,001	0,8
10	6-7	Sekunder	128,07	2,929	2,986	0,0046	0,0050	0,0011	0,000	0,8
11	E-6	Sekunder	80,2	2,986	2,878	0,0088	0,0096	0,0024	0,001	0,8
12	E-F	Primer	127,63	2,878	1,524	0,0230	0,0250	0,0073	0,011	0,8
13	F-G	Primer	163,97	1,524	1,524	0,0237	0,0258	0,0073	0,000	0,8
14	F-IPAL	Primer	122,34	1,524	0,814	0,0229	0,0249	0,0073	0,006	0,8

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok A

no	Pipa	Jenis Pipa	Qpeak / Qfull	Qfull (m3/S)	S Pipa Rencana	n	D (mm)	D Pipa Pasaran	
								ND (mm)	OD (mm)
1	A-1	Sekunder	0,975	0,0051	0,005	0,012	110	112	114
2	A-B	Primer	0,975	0,0051	0,006	0,012	106	112	114
3	B-C	Primer	0,975	0,0051	0,006	0,012	106	112	114
4	2-3	Sekunder	0,975	0,0041	0,005	0,012	101	112	114
5	C-3	Sekunder	0,975	0,0042	0,005	0,012	102	112	114
6	C-D	Primer	0,975	0,0096	0,005	0,012	139	162	165
7	D-4	Sekunder	0,975	0,0068	0,007	0,012	115	137,4	140
8	D-E	Primer	0,975	0,0161	0,003	0,012	186	211,8	216
9	5-6	Sekunder	0,975	0,0050	0,008	0,012	100	112	114
10	6-7	Sekunder	0,975	0,0051	0,007	0,012	104	112	114
11	E-6	Sekunder	0,975	0,0099	0,006	0,012	136	137,4	140
12	E-F	Primer	0,975	0,0257	0,010	0,012	177	211,8	216
13	F-G	Primer	0,975	0,0264	0,002	0,012	242	261,8	267
14	F-IPAL	Primer	0,975	0,0256	0,006	0,012	195	211,8	216

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok A

no	Pipa	Jenis Pipa	Qfull check (m ³ /dtk)	A full	Vfull	Qmin/ Qfull	Vmin/ Vfull	V min (m/s)	d/D	Hmin (m)
1	A-1	Sekunder	0,0059	0,0098	0,60	0,180	0,78	0,46	0,28	0,03
2	A-B	Primer	0,0059	0,0098	0,60	0,180	0,78	0,46	0,26	0,03
3	B-C	Primer	0,0059	0,0098	0,60	0,180	0,78	0,46	0,26	0,03
4	2-3	Sekunder	0,0054	0,0098	0,54	0,151	0,73	0,40	0,25	0,03
5	C-3	Sekunder	0,0054	0,0098	0,54	0,151	0,73	0,40	0,23	0,03
6	C-D	Primer	0,0143	0,0206	0,70	0,149	0,85	0,59	0,33	0,05
7	D-4	Sekunder	0,0109	0,0148	0,74	0,120	0,7	0,52	0,22	0,03
8	D-E	Primer	0,0227	0,0352	0,64	0,174	0,75	0,48	0,27	0,06
9	5-6	Sekunder	0,0068	0,0098	0,69	0,156	0,73	0,50	0,27	0,03
10	6-7	Sekunder	0,0063	0,0098	0,64	0,166	0,74	0,48	0,27	0,03
11	E-6	Sekunder	0,0101	0,0148	0,68	0,239	0,83	0,57	0,33	0,05
12	E-F	Primer	0,0414	0,0352	1,18	0,175	0,75	0,88	0,27	0,06
13	F-G	Primer	0,0326	0,0538	0,61	0,223	0,81	0,49	0,28	0,07
14	F-IPAL	Primer	0,0321	0,0352	0,91	0,227	0,83	0,76	0,33	0,07

Tabel 5.22. Dimensi Pipa Air Limbah Blok B

no	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Q rata-rata (m ³ /s)	Q puncak	Q min	S Medan	d/D
				Awal	Akhir					
1	A-1	Sekunder	338,17	5,182	4,572	0,0116	0,0127	0,0024	0,002	0,8
2	A-B	Primer	207,29	4,572	4,876	0,0105	0,0115	0,0024	-0,001	0,8
3	B-C	Primer	294,14	4,876	3,048	0,0113	0,0123	0,0024	0,006	0,8
5	2-3	Sekunder	253,14	4,572	3,962	0,0073	0,0080	0,0017	0,002	0,8
6	C-2	Sekunder	145,4	3,962	3,048	0,0066	0,0073	0,0017	0,006	0,8
7	C-IPAL	Primer	26	3,048	3,352	0,0149	0,0166	0,0048	-0,012	0,8

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok B

no	Pipa	Jenis Pipa	Qpeak / Qfull	Qfull (m ³ /S)	S Pipa Rencana	n	D (mm)	D Pipa Pasaran	
								ND (mm)	OD (mm)
1	A-1	Sekunder	0,975	0,0130	0,004	0,012	163	162	165
2	A-B	Primer	0,975	0,0118	0,004	0,012	157	162	165
3	B-C	Primer	0,975	0,0126	0,004	0,012	161	162	165
5	2-3	Sekunder	0,975	0,0082	0,005	0,012	131	137,4	140
6	C-2	Sekunder	0,975	0,0075	0,010	0,012	112	112	114
7	C-IPAL	Primer	0,975	0,0170	0,003	0,012	190	211,8	216

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok B

no	Pipa	Jenis Pipa	Qfull check (m ³ /dtk)	A full	Vfull	Qmin/ Qfull	Vmin/ Vfull	V min (m/s)	d/D	Dmin (m)
1	A-1	Sekunder	0,0128	0,0206	0,622	0,188	0,73	0,45	0,28	0,05
2	A-B	Primer	0,0128	0,0206	0,622	0,188	0,71	0,44	0,28	0,05
3	B-C	Primer	0,0128	0,0206	0,622	0,188	0,73	0,45	0,28	0,05
5	2-3	Sekunder	0,0092	0,0148	0,623	0,189	0,75	0,47	0,28	0,04
6	C-2	Sekunder	0,0076	0,0098	0,769	0,230	0,68	0,52	0,33	0,04
7	C-IPAL	Primer	0,0227	0,0352	0,644	0,213	0,75	0,48	0,3	0,06

Tabel 5.23. Dimensi Pipa Air Limbah Blok C

no	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Q rata-rata (m ³ /s)	Q puncak	Q min	S Medan	d/D
				Awal	Akhir					
1	A-1	Sekunder	55,47	4,572	4,419	0,00155	0,00189	3,09E-04	0,003	0,8
2	A-2	Sekunder	49,87	4,267	4,419	0,00116	0,00141	2,19E-04	-0,003	0,8
3	A-B	Primer	95,34	4,419	4,419	0,00281	0,00340	6,05E-04	0,000	0,8
5	B-3	Sekunder	130,75	4,572	4,419	0,00041	0,00050	5,86E-05	0,001	0,8
6	B-4	Sekunder	30,41	4,267	4,419	0,00076	0,00092	1,35E-04	-0,005	0,8

no	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Q rata-rata (m ³ /s)	Q puncak	Q min	S Medan	d/D
				Awal	Akhir					
7	B-C	Primer	70,54	4,419	4,419	0,00393	0,00477	9,28E-04	0,000	0,8
8	C-IPAL	Primer	16,05	4,419	4,267	0,00373	0,00457	9,28E-04	0,009	0,8

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok C

no	Pipa	Jenis Pipa	Q _{peak} / Q _{full}	Q _{full} (m ³ /S)	S Pipa Rencana	n	D (mm)	D Pipa Pasaran	
								ND (mm)	OD (mm)
1	A-1	Sekunder	0,975	0,0019	0,006	0,012	74	112	114
2	A-2	Sekunder	0,975	0,0014	0,006	0,012	66	112	114
3	A-B	Primer	0,975	0,0035	0,006	0,012	92	112	114
5	B-3	Sekunder	0,975	0,0005	0,006	0,012	45	112	114
6	B-4	Sekunder	0,975	0,0009	0,006	0,012	57	112	114
7	B-C	Primer	0,975	0,0049	0,006	0,012	105	112	114
8	C-IPAL	Primer	0,975	0,0047	0,006	0,012	103	112	114

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok C

no	Pipa	Jenis Pipa	Qfull check (m ³ /dtk)	A full	Vfull	Qmin/ Qfull	Vmin/ Vfull	V min (m/s)	d/D	Dmin
1	A-1	Sekunder	0,0059	0,0098	0,60	0,053	0,5	0,30	0,17	0,02
2	A-2	Sekunder	0,0059	0,0098	0,60	0,037	0,44	0,26	0,15	0,02
3	A-B	Primer	0,0059	0,0098	0,60	0,103	0,68	0,40	0,2	0,02
5	B-3	Sekunder	0,0059	0,0098	0,60	0,010	0,34	0,20	0,11	0,01
6	B-4	Sekunder	0,0059	0,0098	0,60	0,023	0,36	0,21	0,12	0,01
7	B-C	Primer	0,0059	0,0098	0,60	0,158	0,71	0,42	0,26	0,03
8	C-IPAL	Primer	0,0059	0,0098	0,60	0,158	0,7	0,42	0,26	0,03

Tabel 5.24. Dimensi Pipa Air Limbah Blok D

no	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Elevasi Medan		Q rata-rata (m ³ /s)	Q puncak	Q min	S Medan	d/D
				Awal	Akhir					
1	A-B	sekunder	441,76	7,01	6,096	0,00098	0,00199	0,000123	0,002	0,8
2	C-D	sekunder	507,65	7,01	6,096	0,00091	0,00182	0,000106	0,002	0,8
3	F-G	sekunder	531,61	5,486	5,486	0,00083	0,00166	0,000093	0,000	0,8
4	H-I	sekunder	525,28	5,791	5,486	0,00077	0,00156	0,000086	0,001	0,8

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok D

no	Pipa	Jenis Pipa	Qpeak / Qfull	Qfull (m3/S)	S Pipa Rencana	n	D (mm)	D Pipa Pasaran	
								ND (mm)	OD (mm)
1	A-B	sekunder	0,975	0,0020	0,002	0,012	92	112	114
2	C-D	sekunder	0,975	0,0019	0,002	0,012	91	112	114
3	d-E	Primer	0,975	0,0008	0,002	0,012	67	112	114
3	F-G	sekunder	0,975	0,0017	0,002	0,012	86	112	114
4	H-I	sekunder	0,975	0,0016	0,002	0,012	85	112	114

Lanjutan Dimensi Pipa Air Limbah Blok D

no	Pipa	Jenis Pipa	Qfull check (m3/dtk)	A full	Vfull	Qmin/ Qfull	Vmin/ Vfull	V min (m/s)	d/D	Dmin
1	A-B	sekunder	0,0034	0,0098	0,35	0,036	0,34	0,12	0,15	0,02
2	C-D	sekunder	0,0032	0,0098	0,33	0,033	0,34	0,11	0,15	0,02
3	d-E	Primer	0,0034	0,0098	0,34	0,013	0,33	0,11	0,03	0,00
3	F-G	sekunder	0,0034	0,0098	0,34	0,027	0,34	0,12	0,14	0,02
4	H-I	sekunder	0,0034	0,0098	0,34	0,026	0,33	0,11	0,14	0,02

Jalur A-1

Diketahui

- a. Panjang Pipa = 119,14 m
- b. Slope Pipa = 0,006
- c. Headloss Pipa = 0,71
- d. Elevasi medan awal = 4,877 m
- e. Elevasi medan akhir = 4,271 m
- f. Diameter luar pipa = 112 mm

Perhitungan penanaman pipa awal

1. Elevasi Atas Pipa
 - Elevasi awal= elevasi medan awal – 0,6 m
Elevasi awal = 4,877 m – 0,6 m = 4,277 m
 - Elevasi akhir= elevasi atas awal – hL
Elevasi akhir = 4,277 m – 0,71 m = 3,562 m
2. Elevasi Dasar Pipa
 - Elevasi awal= elevasi awal atas pipa – diameter
Elevasi awal= 4,277 m - 0,112 m = 4,163 m
 - Elevasi akhir= elevasi awal dasar pipa – hL
Elevasi akhir= 4,163 m – 0,71 m = 3,448 m
3. Kedalaman Penanaman
 - Awal= elevasi medan awal – elevasi dasar pipa awal + pondasi pasir
= 4,877 m – 4,163 m + 0,1 m = 0,81 m
 - Akhir= elevasi medan akhir – elevasi dasar pipa akhir + pondasi pasir
= 4,271 m – 3,448 m + 0,1 m = 0,92 m

Tabel 5.25. Penanaman Pipa Air Limbah Blok A

No	Jalur	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Diameter Pipa (m)	Slope Digunakan	Headloss (m)
				Awal	Akhir			
1	A-1	Sekunder	119,14	4,877	4,271	0,114	0,005	0,60
2	A-B	Primer	112,34	4,271	3,652	0,114	0,006	0,67
3	B-C	Primer	116,72	3,652	3,148	0,114	0,006	0,70
4	2-3	Sekunder	116,33	4,267	4,577	0,114	0,005	0,58
5	C-3	Sekunder	142,03	4,577	3,148	0,114	0,005	0,71
6	C-D	Primer	173,1	3,148	2,552	0,165	0,005	0,87
7	D-4	Sekunder	253,53	3,872	2,552	0,14	0,007	1,77
8	D-E	Primer	183,93	2,552	2,878	0,216	0,003	0,55
9	5-6	Sekunder	90,98	3,048	2,986	0,114	0,008	0,73
10	6-7	Sekunder	128,07	2,929	2,986	0,114	0,007	0,90
11	E-6	Sekunder	80,2	2,986	2,878	0,14	0,006	0,48
12	E-F	Primer	127,63	2,878	1,524	0,216	0,010	1,28
13	F-G	Primer	163,97	1,524	1,524	0,267	0,002	0,33
14	F-IPAL	Primer	122,34	1,524	0,814	0,216	0,006	0,73

Lanjutan Penanaman Pipa Air Limbah Blok A

No	Jalur	Jenis Pipa	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah pipa (m)		Pondasi Pasir m	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	A-1	Sekunder	4,277	3,681	4,163	3,567	0,1	0,81	0,80
2	A-B	Primer	3,681	3,007	3,567	2,893	0,1	0,80	0,86
3	B-C	Primer	3,007	2,307	2,893	2,193	0,1	0,86	1,06
4	2-3	Sekunder	3,667	3,085	3,553	2,971	0,1	0,81	1,71
5	C-3	Sekunder	3,085	2,375	2,971	2,261	0,1	1,71	0,99
6	C-D	Primer	2,358	1,492	2,193	1,327	0,1	1,06	1,32
7	D-4	Sekunder	3,272	1,497	3,132	1,357	0,1	0,84	1,29
8	D-E	Primer	1,543	0,992	1,327	0,776	0,1	1,32	2,20
9	5-6	Sekunder	2,448	1,72	2,334	1,606	0,1	0,81	1,48
10	6-7	Sekunder	2,329	1,43	2,215	1,319	0,1	0,81	1,77
11	E-6	Sekunder	1,12	0,98	1,319	0,837	0,1	1,77	2,14
12	E-F	Primer	0,992	-0,285	0,776	-0,501	0,1	2,20	2,12
13	F-G	Primer	-0,23	-0,56	-0,501	-0,829	0,1	2,12	2,45
14	F-IPAL	Primer	-0,613	-1,347	-0,829	-1,563	0,1	2,45	2,48

Tabel 5.26. Penanaman Pipa Air Limbah Blok B

No	Jalur	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Diameter Pipa (m)	Slope Digunakan	Headloss (m)
				Awal	Akhir			
1	A-1	Sekunder	338,17	5,182	4,572	0,165	0,004	1,35
2	A-B	Primer	207,29	4,572	4,876	0,165	0,004	0,83
3	B-C	Primer	294,14	4,876	3,048	0,165	0,004	1,18
5	2-3	Sekunder	253,14	4,572	3,962	0,14	0,005	1,27
6	C-2	Sekunder	145,4	3,962	3,048	0,114	0,010	1,45
7	C-IPAL	Primer	26	3,048	3,352	0,216	0,003	0,08

Lanjutan Penanaman Pipa Air Limbah Blok B

No	Jalur	Jenis Pipa	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah pipa (m)		Pondasi Pasir m	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	A-1	Sekunder	4,582	3,229	4,417	3,06	0,1	0,87	1,61
2	A-B	Primer	3,229	2,400	3,064	2,235	0,1	1,61	2,74
3	B-C	Primer	2,400	1,224	2,235	1,059	0,1	2,74	2,09
5	2-3	Sekunder	3,972	2,71	3,832	2,57	0,1	0,84	1,50
6	C-2	Sekunder	2,680	1,226	2,566	1,112	0,1	1,50	2,04
7	C-IPAL	Primer	1,275	1,197	1,059	0,981	0,1	2,09	2,47

Tabel 5.27. Penanaman Pipa Air Limbah Blok C

no	Jalur	Jenis Pipa	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Diameter Pipa (m)	Slope Digunakan	Headloss (m)
				Awal	Akhir			
1	A-1	Sekunder	55,47	4,572	4,419	0,114	0,006	0,33
2	A-2	Sekunder	49,87	4,267	4,419	0,114	0,006	0,30
3	A-B	Primer	95,34	4,419	4,419	0,114	0,006	0,57
5	B-3	Sekunder	130,75	4,572	4,419	0,114	0,006	0,78
6	B-4	Sekunder	30,41	4,267	4,419	0,114	0,006	0,18
7	B-C	Primer	70,54	4,419	4,419	0,114	0,006	0,42
8	C-IPAL	Primer	16,05	4,419	4,267	0,114	0,006	0,10

Lanjutan Penanaman Pipa Air Limbah Blok C

no	Jalur	Jenis Pipa	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah pipa (m)		Pondasi Pasir m	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	A-1	Sekunder	3,972	3,639	3,858	3,525	0,1	0,81	0,99
2	A-2	Sekunder	3,667	3,368	3,553	3,254	0,1	0,81	1,27
3	A-B	Primer	3,368	2,796	3,254	2,682	0,1	1,27	1,84
5	B-3	Sekunder	3,972	3,188	3,858	3,074	0,1	0,81	1,45

no	Jalur	Jenis Pipa	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah pipa (m)		Pondasi Pasir m	Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
6	B-4	Sekunder	3,667	3,485	3,553	3,371	0,1	0,81	1,15
7	B-C	Primer	2,796	2,373	2,682	2,259	0,1	1,84	2,26
8	C-IPAL	Primer	2,373	2,276	2,259	2,162	0,1	2,26	2,20

Tabel 5.28. Penanaman Pipa Air Limbah Blok D

No	Jalur	L (m)	Elevasi Tanah (m)		Diameter Pipa (mm)	Slope Digunakan	Headloss (m)
			Awal	Akhir			
1	A-B	262,84	7,01	6,096	0,114	0,003	0,91
2	C-D	239,94	7,01	6,096	0,114	0,004	0,91
3	d-E	234,99	6,096	5,791	0,114	0,002	0,47
4	F-G	224,92	5,486	5,486	0,114	0,002	0,45
5	H-I	214,37	5,791	5,486	0,114	0,002	0,43
6	J-K	205,47	4,877	5,181	0,114	0,002	0,41

Lanjutan Penanaman Pipa Air Limbah Blok D

No	Jalur	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Bawah pipa (m)		Pondasi Pasir m	Kedalaman Penanaman (m)	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	A-B	6,410	5,496	6,296	5,38	0,1	0,81	0,81
2	C-D	6,410	5,496	6,296	5,38	0,1	0,81	0,81
3	d-E	5,496	5,026	5,382	4,91	0,1	0,81	0,98
4	F-G	4,886	4,436	4,772	4,32	0,1	0,81	1,26
5	H-I	5,191	4,762	5,077	4,65	0,1	0,81	0,94
6	J-K	4,277	3,866	4,163	3,75	0,1	0,81	1,53

5.3. Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap sistem penyaluran air limbah berfungsi untuk menunjang dan menjamin sistem perpipaan berjalan dengan baik. Bangunan pelengkap pada perencanaan ini adalah manhole. Manhole merupakan lubang tempat pemeriksaan pipa dari kotoran yang terbawa aliran atau pengecekan rutin. Pada perencanaan ini manhole diletakkan pada setiap jarak 50-250 m tergantung pada diameter pipa. Jarak antara manhole dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29. Jarak Antar Manhole Pada Jalan Lurus

Diameter Pipa (mm)	Jarak Antar Manhole (m)
20-50	50-75
50-75	75-125
100-150	125-150
150-200	150-200
1000	100-150

Sumber: Dinas PU, 2017

Dinding manhole terbuat dari beton bertulang yang telah dibuat di pabrik dengan ukuran ketebalan dinding 10 cm dan lubang penutupnya berdiameter 80 cm. Untuk perencanaan ini terdapat jenis manhole yang digunakan antara lain:

- a. Manhole lurus
- b. Manhole belokan
- c. Manhole pertigaan
- d. Drop manhole

Perhitungan kebutuhan manhole pada pipa A-1 menggunakan perhitungan sebagai berikut.

Pipa A-1

Diketahui:

- Panjang Pipa= 119,14 m
- Diameter terpasang= 0,112 m
- Jarak antar manhole= 150 m

Jumlah manhole lurus= panjang pipa / jarak antar manhole

Jumlah manhole lurus= $119,14 \text{ m} / 150 \text{ m} = 1$ buah

Perhitungan jumlah manhole dan tipe manhole pada masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.30, Tabel 5.31, Tabel 5.32 dan Tabel 5.33.

Tabel 5.30. Jenis dan Jumlah Manhole Blok B

No	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Jumlah Manhole				Total
					Lurus	Belokan	Pertigaan	Drop Manhole	
1	A-1	Sekunder	338,17	150	3	0	1	0	4
2	A-B	Primer	207,29	150	2	2	0	0	4
3	B-C	Primer	294,14	150	2	1	1	0	4
4	2-3	Sekunder	253,14	150	2	1	0	0	3
5	C-2	Sekunder	145,4	150	1	0	0	0	1
6	C-IPAL	Primer	26	150	1	0	0	0	1

Tabel 5.31. Jenis dan Jumlah Manhole Blok A

No	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Jumlah Manhole				Total
					Lurus	Belokan	Pertigaan	Drop Manhole	
1	A-1	Sekunder	119,14	150	1	1	0	0	2
2	A-B	Primer	112,34	150	1	0	0	0	1
3	B-C	Primer	116,72	150	1	0	1	0	2
4	2-3	Sekunder	116,33	150	1	1	0	0	2
5	C-3	Sekunder	142,03	150	1	0	1	0	2
6	C-D	Primer	173,1	150	2	1	0	0	3
7	D-4	Sekunder	253,53	150	2	1	0	0	3
8	D-E	Primer	183,93	150	2	0	1	0	3
9	5-6	Sekunder	90,98	150	1	0	1	0	2
10	6-7	Sekunder	128,07	150	1	1	0	0	2
11	E-6	Sekunder	80,2	150	1	0	0	0	1
12	E-F	Primer	127,63	150	1	1	0	0	2
13	F-G	Primer	163,97	150	2	1	0	0	3
14	F-IPAL	Primer	122,34	150	1	0	0	0	1

Tabel 5.32. Jenis dan Jumlah Manhole Blok C

No	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Jumlah Manhole				Total
					Lurus	Belokan	Pertigaan	Drop Manhole	
1	A-1	Sekunder	55,47	150	1	0	0	0	1
2	A-2	Sekunder	49,87	150	1	0	0	0	1
3	A-B	Primer	95,34	150	1	2	1	1	5
4	B-3	Sekunder	130,75	150	1	1	1	0	3
5	B-4	Sekunder	30,41	150	1	0	1	1	3
6	B-C	Primer	70,54	150	1	2	0	0	3
7	C-IPAL	Primer	16,05	150	1	1	0	0	2

Tabel 5.33. Jenis dan Jumlah Manhole Blok D

No	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Jumlah Manhole				Total
					Lurus	Belokan	Pertigaan	Drop Manhole	
1	A-B		441,76	150	3	1	0	0	4
2	C-D		507,65	150	4	1	0	0	5

No	Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa (m)	Jarak Antar Manhole (m)	Jumlah Manhole				Total
					Lurus	Belokan	Pertigaan	Drop Manhole	
3	F-G		531,61	150	4	1	0	0	5
4	H-I		525,28	150	4	1	0	0	5

5.4. Profil Memanjang Pipa SPAL

setelah didapatkan hasil penanaman pipa air limbah, digambarkan profil memanjang pipa SPAL untuk pipa primer pada masing-masing blok. Gambar profil memanjang pipa SPAL masing-masing blok dapat dilihat pada lampiran.

5.5. Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah dari rusunawa Dukuh Menanggal dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34. Karakteristik Air Limbah Rusunawa Dukuh Menanggal

Parameter	Satuan	Hasil Uji*	Baku Mutu**
pH	mg/L	7,5	6-9
TSS	mg/L	168	30
BOD ₅	mg/L	70	30
COD	mg/L	134	100
Minyak dan Lemak	mg/L	12	5
Amonia	mg/L	95,87	10
Total Coliform	MPN/100mL	6×10^8	3000

Sumber: *) Hasil uji laboratorium Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

**) Permen LHK RI no 68 tahun 2016

Menurut Hasil uji laboratorium, limbah domestik di Rusunawa Dukuh Menanggal melebihi baku mutu untuk semua parameter. Oleh karena itu, perlu dibangun IPAL agar air limbah yang akan dibuang ke badan air sesuai dengan permen LHK RI no 68 tahun 2016. Namun dikarenakan hasil uji sampel BOD, COD dan TSS tidak merepresentasikan kualitas air limbah domestik *black water* dan *grey water* maka, digunakan nilai karakteristik air limbah berdasarkan studi literatur. Data karakteristik air limbah dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35. Karakteristik Air Limbah

Parameter	Satuan	Hasil Uji (Black water dan Grey water)	Baku Mutu ^{b)}
pH	mg/L	7,5 ^{a)}	6-9
TSS	mg/L	277,33 ^{c)}	30
BOD ₅	mg/L	483,87 ^{c)}	30

Parameter	Satuan	Hasil Uji (Black water dan Grey water)	Baku Mutu ^{b)}
COD	mg/L	235 ^{c)}	100
Minyak dan Lemak	mg/L	12 ^{a)}	5
Amonia	mg/L	40 ^{c)}	10
Total Coliform	MPN/100mL	6 x 10 ^{a)}	3000

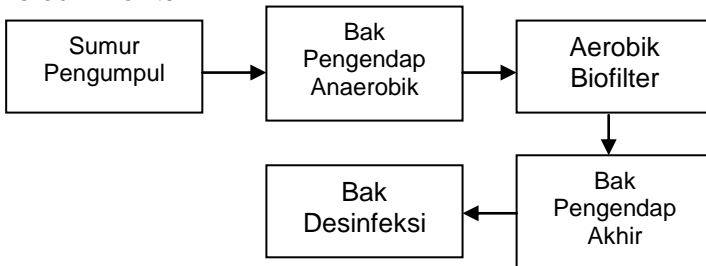
Sumber: a) Hasil uji laboratorium Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

b) Permen LHK RI no 68 tahun 2016

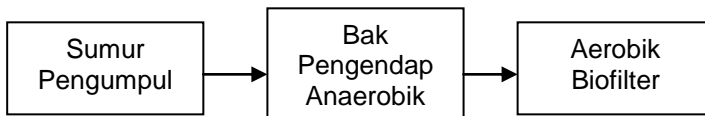
c) Wijyaningrat, 2018

Bab 5.6. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Instalasi pengolahan air limbah yang digunakan di kecamatan Asemrowo adalah Bak Pengendap Anaerobik dan Aerobik Biofilter.



Gambar 5.11. Diagram Alir IPAL Blok A, B dan C



Gambar 5.12. Diagram Alir IPAL Blok D

5.6.1. Screen

Pemasangan screen dilakukan sebelum air dialirkan menuju greasetrap. Screen bertujuan untuk menahan padatan yang berukuran besar supaya tidak masuk ke pipa inlet greasetrap karena penyumbatan dapat mengakibatkan

penurunan efisiensi pada unit greasetrap. Dalam perencanaan ini screen yang direncanakan yaitu dalam bentuk batang.

1. Perhitungan barscreen IPAL Blok A:

Direncanakan:

- $V_{screen} = 0,6 \text{ m/s}$
- Kemiringan screen = 60
- $Q = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$
- Lebar bukaan (b) = 30 mm
- Tebal besi (w) = 10 mm
- Kedalaman bar = 2,5 m
- Lebar screen (L) = lebar saluran = 1,5 m
- $L = (n \times w) + ((n-1) \times b)$
 $1,5 = (n \times 0,01) + ((n-1) \times 0,03)$
 $n = 39 \text{ buah}$
- Jumlah bukaan antar bar (s) = jumlah bar + 1
 $= 39 \text{ buah} + 1 = 40 \text{ buah}$
- Lebar bukaan antar bar total = $(n+1) \times b$
 $= 40 \times 0,03 \text{ m}$
 $= 1,2 \text{ m}$
- Panjang kisi yang terendam air (p) = 2 m
- Koefisien efisiensi = $Lt/p \times 100\%$
 $= 1,2/2 \times 100\% = 60\%$
- V_s saat bersih = debit air baku / luas bukaan
 $= Q / (Lt \times p)$
 $= 0,025 \text{ m}^3/\text{s} / (1,2 \text{ m} / 2 \text{ m})$
 $= 0,038 \text{ m/s}$
- $H_f = \beta \times \left(\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{V_s^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin \alpha$
- $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 39}{0,03 \times (39+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,038^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin 60$
 $H_f = 3,46 \times 10^{-5} \text{ m}$
Saat tersumbat 50%
- Lebar bukaan 50% = $50\% \times Lt = 0,6 \text{ m}$
- V_s saat 50% = 0,087 m/s
- $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 14}{0,03 \times (14+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,087^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin 60$
 $H_f = 1,74 \times 10^{-4} \text{ m}$

2. Perhitungan barscreen IPAL Blok B:

Direncanakan:

- $V_{screen} = 0,6 \text{ m/s}$
- Kemiringan screen = 60
- $Q = 0,017 \text{ m}^3/\text{s}$
- Lebar bukaan (b) = 30 mm
- Tebal besi (w) = 10 mm
- Kedalaman bar = 1,5 m
- Lebar screen (L) = lebar saluran = 1,5 m
- $L = (n \times w) + ((n-1) \times b)$
 $1,5 = (n \times 0,01) + ((n-1) \times 0,03)$
 $n = 39 \text{ buah}$
- Jumlah bukaan antar bar (s) = jumlah bar + 1
 $= 39 \text{ buah} + 1 = 40 \text{ buah}$
- Lebar bukaan antar bar total = $(n+1) \times b$
 $= 40 \times 0,03 \text{ m}$
 $= 1,2 \text{ m}$
- Panjang kisi yang terendam air (p) = 1 m
- V_s saat bersih = debit air baku / luas bukaan
 $= Q / (L \times p)$
 $= 0,017 \text{ m}^3/\text{s} / (1,2 / 1 \text{ m})$
 $= 0,013 \text{ m/s}$
- $H_f = \beta \times \left(\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{V_s^2}{2 \times g} \right) \times \sin \alpha$
- $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 39}{0,03 \times (39+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,013^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin 60$
 $H_f = 0,4 \times 10^{-5} \text{ m}$
Saat tersumbat 50%
- Lebar bukaan 50% = 50% x Lt = 0,6 m
- V_s saat 50% = 0,025 m/s
- $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 14}{0,03 \times (14+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,025^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin 60$
 $H_f = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$

3. Perhitungan barscreen IPAL Blok C:

Direncanakan:

- $V_{screen} = 0,6 \text{ m/s}$
- Kemiringan screen = 60
- $Q = 0,0046 \text{ m}^3/\text{s}$

- Lebar bukaan (b)= 30 mm
 - Tebal besi (w)= 10 mm
 - Kedalaman bar= 3,5 m
 - Lebar screen (L)= lebar saluran = 1 m
 - $L = (n \times w) + ((n-1) \times b)$
 $1 = (n \times 0,01) + ((n-1) \times 0,03)$
 $n = 26$ buah
 - Jumlah bukaan antar bar (s) = jumlah bar + 1
 $= 26 \text{ buah} + 1 = 27 \text{ buah}$
 - Lebar bukaan antar bar total (Lt)= (n+1) x b
 $= 27 \times 0,03 \text{ m}$
 $= 0,81 \text{ m}$
 - Panjang kisi yang terendam air (p) = 1 m
 - Koefisien efisiensi = Lt/p x 100%
 $= 0,81/1 \times 100\% = 81\%$
 - Vs saat bersih= debit air baku / luas bukaan
 $= Q / (Lt \times p)$
 $= 0,0046 \text{ m}^3/\text{s} / (0,81 \text{ m} / 1 \text{ m})$
 $= 0,006 \text{ m/s}$
 - $H_f = \beta \times \left(\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{V_s^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin \alpha$
 - $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 26}{0,03 \times (26+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,006^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin 60$
 $H_f = 0,85 \times 10^{-6} \text{ m}$
- Saat tersumbat 50%**
- Lebar bukaan 50%= 50% x Lt = 0,405 m
 - Vs saat 50%= 0,011 m/s
 - $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 14}{0,03 \times (14+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,011^2}{2 \times 9,81} \right) \times \sin 60$
 $H_f = 0,28 \times 10^{-5} \text{ m}$

4. Perhitungan barscreen IPAL Blok D:

- $L = (n \times w) + ((n-1) \times b)$
 $1 = (n \times 0,01) + ((n-1) \times 0,03)$
 $n = 26$ buah
- Jumlah bukaan antar bar (s) = jumlah bar + 1
 $= 26 \text{ buah} + 1 = 27 \text{ buah}$
- Lebar bukaan antar bar total (Lt)= (n+1) x b
 $= 27 \times 0,03 \text{ m}$

$$= 0,81 \text{ m}$$

- Panjang kisi yang terendam air (p) = 1 m
- Koefisien efisiensi = $Lt/p \times 100\%$
 $= 0,81/1 \times 100\% = 81\%$
- V_s saat bersih= debit air baku / luas bukaan
 $= Q / (Lt \times p)$
 $= 0,00098 \text{ m}^3/\text{s} / (0,81 \text{ m} / 1 \text{ m})$
 $= 0,0012 \text{ m/s}$
- $H_f = \beta \times \left(\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{V_s^2}{2 \times g} \right) \times \text{Sin} \alpha$
- $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 26}{0,03 \times (26+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,0012^2}{2 \times 9,81} \right) \times \text{Sin} 60$
 $H_f = 0,23 \times 10^{-7} \text{ m}$

Saat tersumbat 50%

- Lebar bukaan 50%= 50% x Lt = 0,405 m
- V_s saat 50%= 0,0024 m/s
- $H_f = 1,67 \times \left(\frac{0,01 \times 26}{0,03 \times (26+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0,0024^2}{2 \times 9,81} \right) \times \text{Sin} 60$
 $H_f = 0,93 \times 10^{-7} \text{ m}$

5.6.2. Sumur pengumpul

Sumur pengumpul berfungsi sebagai muara dari pipa air limbah. air limbah dikumpulkan pada sumur pengumpul kemudian akan dipompakan menuju unit pengolahan air limbah selanjutnya. hal ini dilakukan agar unit pengolahan selanjutnya tidak berada pada elevasi tanah yang dalam.

1. Perhitungan sumur pengumpul IPAL Blok A:

Direncanakan:

- Debit puncak (Q_{puncak})= 0,025 m³/s
- Debit rata-rata ($Q_{\text{rata-rata}}$)= 0,023 m³/s
- Debit minimum (Q_{min})= 0,0073 m³/s
- Waktu tinggal (td)= 3 menit
- Kedalaman (h)= 2 m
- Panjang (P):Lebar (L)= 2:1
- Volume= $Q_{\text{puncak}} \times td$
 $= 0,025 \text{ m}^3/\text{s} \times 180 \text{ s} = 4,49 \text{ m}^3$
- Luas (A)= Volume/h
 $= 4,49 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} = 2,24 \text{ m}^2$

- $L = (A/2)^{0,5}$
 $= (2,24/2)^{0,5} = 1,06 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$
- $P = 2 \times L$
 $= 2 \times 1,06 \text{ m} = 2,12 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$
- Cek td saat $Q_{\text{peak}} = \text{Volume}/Q_{\text{puncak}}$
 $= (2,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}) / 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$
 $= 300 \text{ s} = 5 \text{ menit}$
- Hair saat $Q_{\text{puncak}} = Q_{\text{puncak}} \times td / A$
 $= 0,025 \text{ m}^3/\text{s} \times 300 \text{ s} \times (2,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) = 2 \text{ m}$
- Hair saat $Q_{\text{rata-rata}} = Q_{\text{rata-rata}} \times td / A$
 $= 0,024 \text{ m}^3/\text{s} \times 300 \text{ s} \times (2,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) = 1,83 \text{ m}$
- Hair saat $Q_{\text{min}} = Q_{\text{min}} \times td / A$
 $= 0,0075 \text{ m}^3/\text{s} \times 300 \text{ s} \times (2,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) = 0,58 \text{ m}$

2. Perhitungan sumur pengumpul IPAL Blok B:

Direncanakan:

- Debit puncak (Q_{puncak}) = $0,017 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debit rata-rata ($Q_{\text{rata-rata}}$) = $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debit minimum (Q_{min}) = $0,0048 \text{ m}^3/\text{s}$
- Waktu tinggal (td) = 3 menit
- Kedalaman (h) = 1 m
- Panjang (P):Lebar (L) = 2:1
- Volume = $Q_{\text{puncak}} \times td$
 $= 0,017 \text{ m}^3/\text{s} \times 180 \text{ s} = 2,99 \text{ m}^3$
- Luas (A) = Volume/h
 $= 2,99 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} = 2,99 \text{ m}^2$
- $L = (A/2)^{0,5}$
 $= (2,99/2)^{0,5} = 1,22 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$
- $P = 2 \times L$
 $= 2 \times 1,22 \text{ m} = 2,44 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$
- Cek td saat $Q_{\text{peak}} = \text{Volume}/Q_{\text{puncak}}$
 $= (1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) / 0,017 \text{ m}^3/\text{s}$
 $= 225 \text{ s} = 3,8 \text{ menit}$
- Hair saat $Q_{\text{puncak}} = Q_{\text{puncak}} \times td / A$
 $= 0,017 \text{ m}^3/\text{s} \times 225 \text{ s} \times (1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) = 1 \text{ m}$
- Hair saat $Q_{\text{rata-rata}} = Q_{\text{rata-rata}} \times td / A$

$$=0,0015 \text{ m}^3/\text{s} \times 225 \text{ s} \times (1,5 \text{ m} \times 12,5 \text{ m}) = 0,9 \text{ m}$$

- Hair saat $Q_{\min} = Q_{\min} \times t_d / A$
 $=0,0048 \text{ m}^3/\text{s} \times 321 \text{ s} \times (1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})$
 $= 0,29 \text{ m}$

3. Perhitungan sumur pengumpul IPAL Blok C:

Direncanakan:

- Debit puncak (Q_{puncak})= $0,0046 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debit rata-rata ($Q_{\text{rata-rata}}$)= $0,0037 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debit minimum (Q_{\min})= $0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$
- Waktu tinggal (t_d)= 3 menit
- Kedalaman (h)= 1 m
- Panjang (P):Lebar (L)= 2:1
- Volume= $Q_{\text{puncak}} \times t_d$
 $=0,0046 \text{ m}^3/\text{s} \times 180 \text{ s} =0,82 \text{ m}^3$
- Luas (A)= Volume/h
 $=0,82 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} =0,82 \text{ m}^2$
- $L = (A/2)^{0,5}$
 $= (0,82/1)^{0,5} = 0,64 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$
- $P = 2 \times L$
 $= 2 \times 0,64 \text{ m} = 1,28 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$
- Cek t_d saat $Q_{\text{peak}} = \text{Volume}/Q_{\text{puncak}}$
 $= (1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}) / 0,0046 \text{ m}^3/\text{s}$
 $= 328 \text{ s} = 5,5 \text{ menit}$
- Hair saat $Q_{\text{puncak}} = Q_{\text{puncak}} \times t_d / A$
 $=0,0046 \text{ m}^3/\text{s} \times 328 \text{ s} \times (1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) = 1 \text{ m}$
- Hair saat $Q_{\text{rata-rata}} = Q_{\text{rata-rata}} \times t_d / A$
 $=0,0037 \text{ m}^3/\text{s} \times 328 \text{ s} \times (1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) = 0,82 \text{ m}$
- Hair saat $Q_{\min} = Q_{\min} \times t_d / A$
 $=0,0009 \text{ m}^3/\text{s} \times 328 \text{ s} \times (1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) = 0,20 \text{ m}$

4. Perhitungan Sumur Pengumpul IPAL Blok D

Direncanakan:

- Debit puncak (Q_{puncak})= $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debit rata-rata ($Q_{\text{rata-rata}}$)= $0,00098 \text{ m}^3/\text{s}$
- Debit minimum (Q_{\min})= $0,000012 \text{ m}^3/\text{s}$
- Waktu tinggal (t_d)= 5 menit

- Kedalaman (h)= 1 m
- Panjang (P):Lebar (L)= 2:1
- Volume= Qpuncak x td
 $=0,00098 \text{ m}^3/\text{s} \times 300 \text{ s} =0,59 \text{ m}^3$
- Luas (A)= Volume/h
 $=0,59 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} =0,59 \text{ m}^2$
- $L= (A/2)^{0,5}$
 $= (0,59/2)^{0,5} = 0,55 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$
- $P= 2 \times L$
 $= 2 \times 0,55 \text{ m} = 1,09\text{m} \approx 1\text{m}$
- Cek td saat Qpeak= Volume/Qpuncak
 $= (1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}) / 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$
 $= 501 \text{ s} = 8,4 \text{ menit}$
- Hair saat Qpuncak= Qpuncak x td / A
 $=0,002 \text{ m}^3/\text{s} \times 501 \text{ s} \times (1 \text{ m} \times 1 \text{ m})$
 $= 1 \text{ m}$
- Hair saat Qrata-rata = Qrata-rata x td / A
 $=0,8 \text{ m}^3/\text{s} \times 501 \text{ s} \times (1 \text{ m} \times 1 \text{ m}) =$
 $0,49 \text{ m}$
- Hair saat Qmin= Qmin x td / A
 $=0,000049 \text{ m}^3/\text{s} \times 536,55 \text{ s} \times (0,5 \text{ m} \times$
 $0,5 \text{ m}) = 0,06 \text{ m}$

5. Perhitungan Pompa Sumur Pengumpul

Direncanakan:

Jenis pompa submersible dan jumlah pompa 2 buah yang digunakan secara bergantian agar pompa tidak digunakan terus menerus. Hal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pompa.

$$Q= 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{statis}}= 4,6 \text{ m}$$

$$L_{\text{discharge}}= 3 \text{ m}$$

$$V=0,8 \text{ m/s}$$

a. Diameter Pipa Discharge

$$A_{\text{pipa}} = Q/v$$

$$= 0,023 \text{ m}^3/\text{s} / 0,8 \text{ m/s} = 0,03 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter} = (4 \times A / 3,14)^{0,5}$$

$$= (4 \times 0,03 \text{ m}^2 / 3,14)^{0,5} = 0,190 \text{ m}$$

Diameter pipa menggunakan diameter yang ada pada pasaran yaitu sebesar 203,4 mm

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= Q / A \\ &= (0,023 \text{ m}^3/\text{s} / \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,2034^2) \\ &= 0,73 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b. Tekanan Pada Pompa

Hf Major = Hf discharge

$$\begin{aligned} Hf \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{2,3}{0,00155 \times C \times 19,3^{2,63}} \right)^{1,85} \times 3 \\ &= 0,00623 \text{ m} \end{aligned}$$

Hf minor = $k \times (V^2 / 2 \times g)$

Hm akibat 1 belokan = $0,4 \times 0,73^2 / 2 \times 9,81$
= 0,02 m

Hm akibat 1 Valve = $0,8 \times 0,73^2 / 2 \times 9,81$
= 0,04 m

Hv = $V^2 / 2 \times g$
= $0,7^2 / 2 \times 9,81$
= 0,025 m

Hf sistem = Hf major + Hf minor + Hv
= 0,00623 + 0,06 + 0,025 +

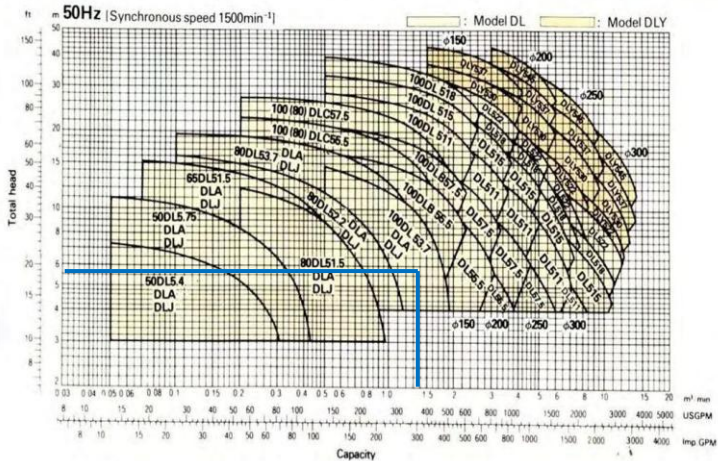
0,092

= 0,098 m

Head pompa = Hstatic + H sistem

= 4,6 m + 0,092 m = 4,692 m

Spesifikasi pompa yang digunakan adalah merk ebara dengan tipe 100DL 53.7DLA. Power yang dibutuhkan pompa adalah 3,7 kW. Untuk grafik pompa dapat dilihat pada gambar 5.9.



Gambar 5.13. Grafik Spesifikasi Pompa Untuk Spesifikasi pompa pada masing-masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36. Spesifikasi Pompa masing-masing IPAL

Nama IPAL	Head Pompa (m)	Model Pompa
IPAL A	4,67	100 DL 53.7 DLA
IPAL B	3,74	80 DL 52.2 DLA
IPAL C	3,22	50 DL 5.75 DLA
IPAL D	2,64	50 DL 5.4 DLA

5.6.3. Bak Pengendap Anaerobik

Perhitungan bak pengendap anaerobik dilakukan berdasarkan hasil uji karakteristik air limbah. Kriteria desain dari perencanaan *Anaerobic Baffle Reactor* dapat dilihat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37. Kriteria Desain *Anaerobic Baffle Reactor*

No	Parameter	Nilai
1	Panjang Baffle	50-60% dari ketinggian
2	Upflow Velocity	< 2 m/jam
3	Removal BOD	70-90%
4	Removal COD	65-90%
5	Organic Loading Rate	< 3 kgCOD/m ³ .hari 5-10 kgCOD/m ³ .hari

No	Parameter	Nilai
6	HRT	kompartemen 1: 2-6 jam Kompartemen 2: >8 jam
7	SRT	>30 hari

Direncanakan:

- Qrata-rata= 0,023 m³/s
- Jumlah= 4 unit
- Q unit= 0,0057 m³/s
- BOD= 483,87 mg/L
- COD= 235 mg/L
- TSS= 273,33 mg/L
- Amonia= 40 mg/L
- Td= 3 jam (kriteria 2-6 jam)

Langkah pertama adalah mencari persen removal TSS dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\%R = \frac{td}{a + b \times td}$$

Nilai a dan b didapatkan dari Tabel 5.38.

Tabel 5.38. Nilai a dan b BOD dan TSS

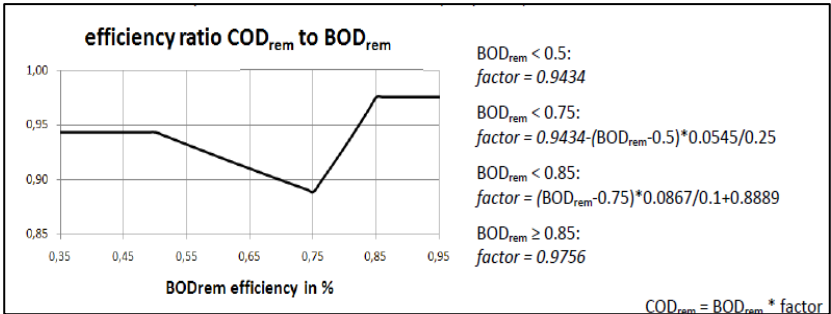
Parameter	a	b
BOD	0,018	0,02
TSS	0,0075	0,014

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2003

$$\%R_{TSS} = \frac{3}{0,0075 + 0,014 \times 3} = 60,6 \%$$

$$\%R_{BOD} = \frac{3}{0,018 + 0,02 \times 3} = 38\%$$

Persen removal COD didapatkan dari Gambar 5.14.



Gambar 5.14. Hubungan COD_{rem} dan BOD_{rem}

Sumber: Sasse, 2009

Dikarenakan removal BOD kurang dari 0,5 maka digunakan faktor 0,9434. Sehingga perhitungan untuk removal COD adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \%R \text{ COD} &= \text{faktor} \times \%R \text{ BOD} \\ &= 0,9434 \times 38 \% = 36\% \end{aligned}$$

1. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= (100 - 60,6)\% \times 273,33 \text{ mg/L} \\ &= 107,692 \text{ mg/L} \\ \text{BOD} &= (100 - 38)\% \times 483,87 \text{ mg/L} \\ &= 299 \text{ mg/L} \\ \text{COD} &= (100 - 36)\% \times 235 \text{ mg/L} \\ &= 150,4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{konsentrasi TSS} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 273,33 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 135,05 \text{ kg/hari} \\ \text{BOD} &= \text{konsentrasi BOD} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 483,87 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 239,07 \text{ kg/hari} \\ \text{COD} &= \text{konsentrasi COD} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 235 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 116,11 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

3. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 60,6\% \times 168 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \\ &= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 81,84 \text{ kg/hari} \\ \text{BOD} &= \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times Q \text{ air limbah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 38\% \times 70 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \\
 &= 638,4 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\
 &= 90,85 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD} &= \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times Q \text{ air limbah} \\
 &= 36\% \times 134 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \\
 &= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\
 &= 41,8 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

4. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} &= \text{TSSin} - \text{lumpur TSS} \\
 &= 135,05 \text{ kg/hari} - 81,84 \text{ kg/hari} = 53,21 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

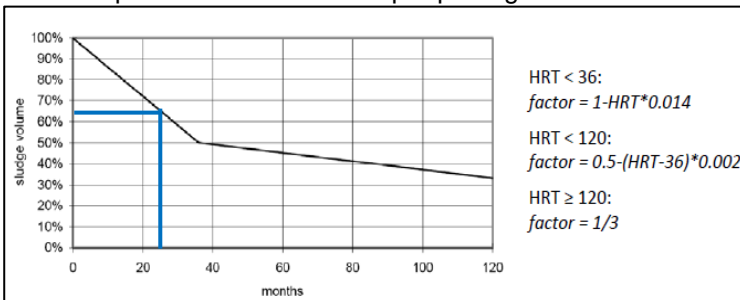
$$\begin{aligned}
 \text{BOD} &= \text{BODin} - \text{lumpur BOD} \\
 &= 239,07 \text{ kg/hari} - 90,85 \text{ kg/hari} = 148,22 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD} &= \text{CODin} - \text{lumpur COD} \\
 &= 116,11 \text{ kg/hari} - 41,8 \text{ kg/hari} = 74,31 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Produksi lumpur selama 2 tahun

$$\begin{aligned}
 \text{Massa lumpur} &= \text{Lumpur TSS} \times \text{durasi pengurangan} \\
 &= 81,84 \text{ kg/hari} \times 2 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun} \\
 &= 59741,35 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Stabilisasi lumpur setelah 2 tahun atau 24 bulan, dapat diketahui presentase volume lumpur pada gambar 5.15.



Gambar 5.15. Grafik Hubungan Antara Waktu Pengurangan dengan Volume Lumpur

Pengurangan volume lumpur yaitu sebesar 62%. Dengan itu, dapat dihitung stabilisasi lumpur dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Stabilisasi} &= \text{pengurangan volume lumpur} \times \text{produksi lumpur} \\
 &= 62\% \times 4184,45 \text{ kg} = 37039,64 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Diketahui:

- Densitas lumpur
- Konsentrasi lumpur= 5%
- Densitas lumpur= 2,65 kg/L
- Konsentrasi air= 95%
- Densitas air= 1 kg/L

$$\begin{aligned}\text{Densitas lumpur} &= \frac{(5\% \times \rho_{\text{lumpur}}) + (95\% \times \rho_{\text{air}})}{100\%} \\ &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%} = 1,08 \text{ kg/L} \\ &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%} = 1,08 \text{ kg/L}\end{aligned}$$

Volume lumpur pada kompartemen 1

$$\begin{aligned}\text{Volume lumpur} &= \text{stabilisasi lumpur} / \text{densitas lumpur} \\ &= 37039,64 \text{ kg} / (1,08 \text{ kg/L} \times 1000 \text{ L/m}^3) \\ &= 34,22 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dimensi ruang lumpur dan kompartemen 1

Direncanakan:

- Kedalaman ABR= 3 m
- Lebar ABR= 5,5 m

$$\begin{aligned}\text{H ruang lumpur} &= 30\% \times \text{h ABR} \\ &= 30\% \times 3 \text{ m} = 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{A ruang lumpur} &= \text{volume lumpur} / \text{h ruang lumpur} \\ &= 34,22 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} = 34,22 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= A / L \\ &= 34,22 \text{ m}^2 / 5,5 \text{ m} = 6,22 \text{ m} \approx 6,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume kompartemen 1} &= Q \times \text{HRT} \\ &= 5,7 \text{ L/s} \times 3 \text{ jam} \times 3600 \text{ s/jam} / 1000 \\ &\text{L/m}^3 = 61,76 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas kompartemen 1} &= \text{volume} / \text{h ABR} \\ &= 61,76 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} = 20,59 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$P = \text{luas kompartemen 1} / \text{lebar ABR}$$

$$P = 20,59 \text{ m}^2 / 5,5 \text{ m} = 3,74 \text{ m}$$

Panjang yang digunakan adalah panjang dari perhitungan ruang lumpur. Hal tersebut dikarenakan panjang dari perhitungan ruang lumpur memiliki nilai terbesar yaitu 6,5 m. Untuk dimensi Bak pengendap Anaerobik semua IPAL dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39. Dimensi Bak Pengendap Anaerobik masing-masing IPAL

Nama IPAL	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
IPAL A	6,5	5,5	3
IPAL B	5,5	5,5	3
IPAL C	5	4,5	3
IPAL D	3,5	3	2

Pipa Inlet

Direncanakan

$$Q = 0,0057 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Luas pipa (A)} = \frac{Q}{v} = \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,01 \text{ m}^2$$

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

$$D^2 = \frac{0,01 \text{ m}^2}{0,25 \times \pi}$$

$$\text{Diameter} = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 112 \text{ mm}$$

$$\text{Cek kecepatan (v)} = \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,25 \times \pi \times 0,112 \times 0,4} = 0,58 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{5,7}{0,00155 \times 130 \times 21,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,0071 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa Pembagi

Direncanakan

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 20,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas pipa (A)} &= \frac{Q}{v} = \frac{0,023 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ &= 0,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas pipa (A)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
D^2 &= \frac{0,03 \text{ m}^2}{0,25 \times \pi} \\
\text{Diameter} &= 0,2 \text{ m} \\
\text{Diameter pasaran} &= 211,8 \text{ mm} \\
\text{Cek kecepatan (v)} &= \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,25 \times \pi \times 0,211,8 \times 0,4} \\
&= 0,68 \text{ m/s} \\
\text{Headloss} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
&= \left(\frac{5,7}{0,00155 \times 130 \times 21,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 20,5 \\
&= 0,042 \text{ m}
\end{aligned}$$

5.6.4. Aerobic Biofilter

Perencanaan pengolahan menggunakan *aerobik biofilter* merupakan pengolahan lanjutan dari unit *anaerobic baffle reactor*. Unit *aerobik biofilter* digunakan pada IPAL semua blok, Perhitungan *aerobik biofilter* pada IPAL A adalah sebagai berikut.

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
\theta_c &= 10 \text{ hari (8 - 15)} \\
Y &= 0,45 \text{ kg VSS / kg BOD (0,4 - 8)} \\
k_d &= 0,15 \text{ g VSS / g VSS.d} \\
X_{MLSS} &= 3000 \text{ mg / L (1000 - 3500)} \\
MLVSS/MLSS &= 0,8 (0,8 - 0,9) \\
[\text{BOD}]_{in} &= 299 \text{ mg/L} = 0,09055 \text{ kg/m}^3 \\
[\text{NH}_3]_{in} &= 40 \text{ mg/L} = 0,04 \text{ kg/m}^3 \\
&= 0,5 \text{ mg/L} \\
Y_n &= 0,15 \text{ kg VSS / kg NH}_4\text{N} \\
k_{dn} &= 0,135 \text{ g VSS / g VSS.d}
\end{aligned}$$

Luas permukaan biofilter = $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (Media sarang tawon)

$$\text{BOD removal flux} = 12 \text{ g/m}^2 \text{ d}$$

$$\text{Nitrifikasi flux} = 1,04 \text{ g/m}^2 \text{ d}$$

1. Penentuan Volume Media Biofilter

a. Penentuan volume media untuk removal BOD

$$\begin{aligned} \text{BOD removal flux 78\%} &= \frac{\text{BOD removal flux}}{\% \text{ removal BOD}} \\ &= \frac{12 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{hari}}}{90\%} = 13,33 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BODef} &= 299 \text{ mg/L} \times (100\% - 90\%) \\ &= 30 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area media} &= \frac{Q \times \text{BODin}}{\text{BOD removal 90\%}} \\ &= \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 299 \text{ g/m}^3}{13,33 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{hari}}} \\ &= 11116,65 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume media} &= \frac{\text{Area Media}}{\text{Fraksi luas permukaan biofilter}} \\ &= \frac{11116,65}{200 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}} = 55,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Penentuan volume media untuk removal BOD

$$\begin{aligned} \text{NH}_3 \text{ removal 80\%} &= \frac{\text{NH}_3 \text{ removal flux}}{\& \text{removal flux}} \\ &= \frac{1,04 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{hari}}}{80\%} = 1,3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area media} &= \frac{Q \times \text{NH}_3 \text{in}}{\text{BOD removal 78\%}} \\ &= \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 40 \text{ g/m}^3}{1,3 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{hari}}} \\ &= 15202,29 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume media} &= \frac{\text{Area Media}}{\text{Fraksi luas permukaan biofilter}} \\ &= \frac{15202,29}{200 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}} = 76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Media volume total} &= \text{volume media BOD} + \text{volume media NH}_3 \\ &= 55,58 \text{ m}^3 + 76 \text{ m}^3 = 131,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Penentuan Dimensi Aerobik Biofilter

$$\text{Direncanakan tinggi media (H)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Asurface} = \text{volume media} / \text{H}$$

$$= 131,58 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} = 65,79 \text{ m}^2$$

$$\text{HLR} = Q / \text{Asurface}$$

$$= 0,0057 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam/hari} / 65,79 \text{ m}^2$$

$$= 0,27 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi kriteria } 0,042 - 1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari)}$$

Lebar ABF = Lebar ABR = 5,5 m

$$P = A/L$$

$$= 65,79 \text{ m}^2 / 5,5 \text{ m} = 11,96 \text{ m} \approx 12 \text{ m}$$

Direncanakan:

Tinggi air diatas media = 20 cm

Freeboard = 30 cm

Hair dibawah media = 50 cm

Kedalaman total = 2 m + 0,2 m + 0,3 m + 0,5 m = 3 m

3. Produksi Biomass (Px)

$$Px = \frac{Q(S_o - S_e)Y}{1 + K_d \theta_c}$$

$$= \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{(0,299 - 0,3) \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0,45 \text{ kg VSS/kg BOD}}{1 + (0,15/\text{hari} \times 8 \text{ hari})}$$

$$Px = 24,25 \text{ kg/hari}$$

$$\text{NO}_x = \text{TkN} - \text{Ne}$$

$$= 0,04 - 0,008$$

$$= 0,032 \text{ kg/m}^3$$

$$Px_n = \frac{Q \times \text{NO}_x \times Y_n}{1 + K_d n \times \theta_c}$$

$$= \frac{0,0057 \times \frac{0,032 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0,12 \text{ kg VSS/kg NH}_4\text{-N}}{1 + (0,135 \text{ kg NH}_4\text{-N} - \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \times 8 \text{ hari})}$$

$$= 0,912 \text{ kg/hari}$$

$$Px_{\text{bio}} = Px + Px_n$$

$$= 24,25 \text{ kg/hari} + 0,91 \text{ kg/hari}$$

$$= 25,16 \text{ kg/hari}$$

Koreksi NO_x

$$\text{NO}_x = \text{TkN} - \text{Ne} - \frac{0,12 Px}{Q}$$

$$= 0,032 - \frac{0,12 \times 25,16 \text{ kg/hari}}{0,0057 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 0,035 \text{ kg/m}^3$$

$$Px_n = \frac{Q \times \text{NO}_x \times Y_n}{1 + K_d n \times \theta_c}$$

$$= \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{0,032 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 0,12 \text{ kg VSS/kg NH}_4\text{-N}}{1 + (0,135 \text{ kg NH}_4\text{-N} - \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \times 8 \text{ hari})}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,738 \text{ kg/hari} \\
 P_{x\text{bio}} &= P_x + P_{x\text{n}} \\
 &= 24,25 + 0,73 \\
 &= 24,98 \text{ kg/hari} \\
 R_o &= Q \times (S_o - S_e) - 1,42 \times P_{x\text{bio}} + 4,33 \times \text{NO}_x \times Q \\
 &= (0,0057 \text{ m}^3/\text{hari} (0,299 - 0,3) \text{ kg/m}^3) - (1,42 \\
 &\times 24,98 \text{ kg/hari}) + (4,33 \times 0,035 \text{ kg/m}^3 \times 0,0057 \\
 &\text{m}^3/\text{hari}) \\
 R_o &= 153,29 \text{ kg.O}_2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

4. Kebutuhan Diffuser dan Blower

Direncanakan menggunakan Disk Diffuser merk Purescience SID12 Diameter = 10 in = 260 mm = 26 cm.

$$\text{Transfer O}_2 = 0,15 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{jam}$$

$$\text{Aliran udara} = 8 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,133333333 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$\text{Kedalaman max} = 3,2 \text{ m}$$

a. Penentuan Kejenuhan Kelarutan Gas

$$\begin{aligned}
 C_s &= (C_s) \times \frac{P - P_u}{760 - P_u} \\
 C_s &= 8,4 \times \frac{760 - 23,8}{760 - 23,8}
 \end{aligned}$$

$$C_s = 8,29 \text{ mg/L}$$

b. Penentuan Konsentrasi Gas Jenuh Pada Kedalaman Tertentu

$$\begin{aligned}
 P_r &= (P \text{ atm} + (H_{air}/10,34) \times 101,37 \text{ Kpa} + 10 \text{ kPa} \\
 &= (1 \text{ atm} + (2,7/10,34) \times 101,37 \text{ Kpa} + 10 \text{ kPa} \\
 &= 138,82 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Kandungan O₂ diudara adalah 21% dan gelembung udara larut di air adalah 8%

$$\begin{aligned}
 O_e &= 21\% \times (1 - \text{penyerapan O}_2) \\
 &= 21\% \times (1 - 8\%) = 19\%
 \end{aligned}$$

$$C_m = C_s \times \left(\frac{P_r}{203} + \frac{O_e}{42} \right)$$

$$C_m = 8,29 \times \left(\frac{138,82}{203} + \frac{19}{42} \right) = 9,41 \text{ mg/L}$$

c. Penentuan Massa Oksigen yang Dikeluarkan Diffuser

$$N = C \times G_a^{(1-n)} \times D^{0,67} \times (C_m - C_L) \times 1,02^{(T-20)} \times \alpha$$

$$N = 0,04233 \times 0,133 \text{ m}^3/\text{menit} \times 2,8^{0,67} \times (9,41-2) \text{ mg/L} \times 0,75$$

$$N = 0,084 \text{ kg.O}_2/\text{jam}$$

d. Penentuan dan Jumlah Letak Diffuser

$$\text{Jumlah diffuser (n)} = R_o / N$$

$$n = 153,29 \text{ kg.O}_2/\text{hari} / 0,084 \text{ kg.O}_2/\text{jam} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$n = 75 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah diffuser pada lebar bak} = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah diffuser pada panjang bak} = 25 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak diffuser} = \text{panjang bak} / 25 = 12 \text{ m} / 25 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

5. Penentuan Jenis Blower

$$V_i = \frac{P_s \times T_i}{P_i \times T_s} \times V_s$$

$$V_i = \frac{101,32 \text{ kPa} \times 298 \text{ k}}{99,99 \text{ kPa} \times 293 \text{ k}} \times 75 \times 0,133 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$V_i = 10,2 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Blower yang digunakan adalah Blowtac RS-800-16-G32 dengan power yang dibutuhkan 6,3 kW.

Untuk dimensi dan kebutuhan diffuser serta blower

masing-masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.40. Dimensi, kebutuhan Diffuser dan Blower masing-masing IPAL

Nama IPAL	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Jumlah Diffuser	Model Blower
IPAL A	12	5,5	3	75	RS-800-16-G32
IPAL B	10,5	5,5	3	65	RS-640-36-D45
IPAL C	10	4,5	3	50	RS-600-16-G26
IPAL D	7,5	3	2	12	RS-100-16-D12

Pipa Outlet

Direncanakan

$$Q = 0,0057 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas pipa (A)} &= \frac{Q}{v} = \frac{0,0057 \frac{m^3}{s}}{0,6 \frac{m}{s}} \\
&= 0,01 \text{ m}^2 \\
\text{Luas pipa (A)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
D^2 &= \frac{0,01 \text{ m}^2}{0,25 \times \pi} \\
\text{Diameter} &= 0,11 \text{ m} \\
\text{Diameter pasaran} &= 112 \text{ mm} \\
\text{Cek kecepatan (v)} &= \frac{0,0057 \frac{m^3}{s}}{0,25 \times \pi \times 0,112 \times 0,4} \\
&= 0,58 \text{ m/s} \\
\text{Headloss} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
&= \left(\frac{5,7}{0,00155 \times 130 \times 21,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\
&= 0,0071 \text{ m}
\end{aligned}$$

5.6.5. Bak Pengendap Akhir (*Clarifier*)

Clarifier dibutuhkan untuk mengendapkan lumpur aktif yang ada di *aerobic biofilter*. *Clarifier* pada perencanaan ini hanya digunakan pada IPAL A, B dan C. Sedangkan IPAL D tidak memerlukan *Clarifier* dikarenakan konsentrasi BOD dan debit yang masuk pada *aerobic biofilter* tidak tinggi. Kriteria pengendapan *clarifier* dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41. Kriteria Desain *Clarifier*

Parameter	Satuan	Range
Waktu Detensi	jam	4,5-6
Solid Loading	kg SS/m ² .hari	50-150
Surface Loading	m ³ /m ² .hari	20-35
Beban Pelimpah	m ³ /m.hari	100-254
Kedalaman	m	3,5-5

Sumber: Metcalf and Eddy, 2003

Perhitungan *clarifier* untuk IPAL A adalah sebagai berikut.

Direncanakan:

Jumlah Bak= 4 buah

Solid Loading (SL)= 4,5 kg/m².jam

Q= 0,0058 m³/s

1. Perhitungan Dimensi Clarifier

$$\begin{aligned}
 A \text{ surface} &= \frac{Q \times X}{SF} \\
 &= \frac{0,0057 \frac{m^3}{jam} \times \frac{3,75 \text{ kg}}{m^3}}{4,5 \frac{kg}{m^2} \frac{jam}{m^2}} \\
 &= 31,84 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 31,84 \text{ m}^2}{\pi}} \\
 &= 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek OFR} &= \frac{Q}{A_s} = \frac{0,0057 \times 86400 \frac{m^3}{hari}}{31,84 \text{ m}^2} \\
 &= 16 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (Kriteria } 15 - 40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek SLR} &= \frac{Q \cdot X}{A} = \frac{0,0057 \times 86400 \frac{m^3}{hari} \times 3,75 \frac{gr}{m^3}}{31,84 \text{ m}^2} \\
 &= 59 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (Kriteria } 50 - 150 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kedalaman Zona Thickening

X zona thickening = 7000 mg/L

Massa solid *aerobic biofilter* = volume *aerobic biofilter* x konsentrasi MLSS

$$\begin{aligned}
 &= 302 \text{ m}^3 \times 3750 \text{ g/m}^3 / 1000 \text{ g/kg} \\
 &= 1132,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Massa solid bak sedimentasi = 30% x massa solid *aerobic filter*

$$\begin{aligned}
 &= 30\% \times 1132,74 \text{ kg} \\
 &= 339,82 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

H zona thickening = total solid dalam *clarifier* / (konsentrasi MLSS x A)

$$\begin{aligned}
 &= (1132,74 + 339,82) \text{ kg} / (7000 \text{ mg/L} \\
 &\quad \times 31,84 \text{ m}^2) \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Ketinggian Zona *Sludge Storage*

td = 2 hari

F. keamanan = 2 (untuk debit)

F. keamanan = 1,5 (untuk BOD₅)

Q dengan faktor keamanan = Q_{peak}
= 0,006 m³/s

BOD dengan faktor keamanan = 1,5 x BOD_{in}

= 1,5 x 299,99 mg/L = 449,99 mg/L

MLVSS terproduksi = Y_{obs} x Q x (So-S)

$$= 0,28 \times 0,006 \text{ m}^3/\text{s} \times 86400 \text{ s/hari} \times (0,299 - 0,03) \text{ kg/m}^3$$

$$= 92,83 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Total massa lumpur} = \frac{\text{waktu penyimpanan lumpur} \times \text{MLVSS}}{\text{rasio MLVSS/MLSS}}$$

$$= \frac{2 \text{ hari} \times 92,83 \text{ kg/hari}}{0,8}$$

$$= 232,075 \text{ kg}$$

$$\text{Total Lumpur BP II} = (\text{Total massa solid pada tiap BP II} + \text{total massa lumpur (TSS)}) \times \text{jumlah bak}$$

$$= (339,82 \text{ kg} + 232,075 \text{ kg}) = 571,895$$

kg

$$\text{Kadar solid} = 6\%$$

$$\text{Kadar air} = 94\%$$

$$\text{Berat jenis lumpur} = [\text{berat jenis SS} \times 6\%] + [\text{berat jenis air} \times 94\%]$$

$$= [2650 \text{ kg/m}^3 \times 6\%] + [996 \text{ kg/m}^3 \times 94\%]$$

$$= 1095,24 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat air} = \frac{\% \text{kadar solid}}{\% \text{kadar air}} \times \text{total lumpur}$$

$$= \frac{95\%}{5\%} \times 571,895 \text{ kg}$$

$$= 10866 \text{ kg}$$

$$\text{Volume lumpur} = \frac{\text{berat solid}}{\rho \text{ air} \times \text{SS} \times \% \text{solid}} = \frac{571,895 \text{ kg}}{996 \times 1,095 \times 5\%}$$

$$= 15,98 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume ruang lumpur} = \frac{(\text{berat solid} + \text{berat air})}{\text{berat jenis lumpur}}$$

$$= \frac{(571,895 \text{ kg} + 10866 \text{ kg})}{1095,24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 10,44 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Perhitungan dimensi ruang lumpur

$$\text{Jari-jari atas} = \text{diameter}$$

$$= 6 \text{ m}$$

$$\text{Luas atas} = \frac{1}{4} \times \pi d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2$$

$$= 28,27 \text{ m}^2$$

$$\text{Jari-jari bawah} = \text{jari-jari atas} / 2$$

$$= 6 \text{ m} / 2 = 3 \text{ m}$$

$$\text{Luas bawah} = \frac{1}{4} \times \pi d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 3^2$$

$$= 7,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume zona lumpur} = (h / 3) \times [A1 + A2 + (A1A2)^{1/2}]$$

10,44 m³/hari

$$= (h/3) \times [28,27 + 7,1 + (28,27 \times 7,1)^{1/2}]$$

$$31,32 = h \times 49,54$$

$$H = 0,6 \text{ m}$$

H total = H zona air bersih + H thickening + H sludge storage + *freeboard*

$$= 1 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 0,4 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume clarifier} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times H_{\text{total}}$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 6^2 \times 3,1 \text{ m}$$

$$= 87,61 \text{ m}^3$$

$$T_d = V/Q$$

$$= 87,61 \text{ m}^3 / 0,0058 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/jam}$$

$$= 4,2 \text{ jam}$$

3. Pelimpah

$$\text{Keliling weir plate} = 3,14 \times D$$

$$= 3,14 \times 6 \text{ m} = 18,84 \text{ m}$$

Direncanakan V-notch dengan sudut 90°

$$\text{Kedalaman V-notch} = 8 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar V-notch} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah V-notch} = \text{keliling/jarak antar V-notch}$$

$$= 47 \text{ buah}$$

$$\text{Debit pada V-notch (q)} = Q/\text{jumlah V-notch}$$

$$= 0,006 \text{ m}^3/\text{s} / 47$$

$$= 0,00012 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. Pipa Inlet dan Outlet

Direncanakan

$$Q = 0,0057 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Luas pipa (A)} = \frac{Q}{v} = \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= 0,01 \text{ m}^2$$

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

$$D^2 = \frac{4}{0,25 \times \pi} \times 0,01 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter} = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 112 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek kecepatan (v)} &= \frac{0,0057 \frac{m^3}{s}}{0,25 \times \pi \times 0,112 \times 0,4} \\ &= 0,58 \text{ m/s} \\ \text{Headloss} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{5,7}{0,00155 \times 130 \times 21,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,0071 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 5.42. Dimensi Bak Pengendap Akhir masing-masing Blok

IPAL	D (m)	H air bersih (m)	H Thickening (m)	H Sludge Storage (m)
Blok A	6	1	1,5	0,6
Blok B	5	1	1,5	0,2
Blok C	5	1	1,5	0,2

5.6.6. Bak Desinfeksi **Diketahui**

$$\begin{aligned} Q &= 0,023 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Jumlah bak} &= 1 \text{ bak} \\ Q_{\text{bak}} &= 0,207 \\ \text{BOD} &= 27,36 \text{ mg/L} \\ \text{TSS} &= 28,8 \text{ mg/L} \\ \text{NH}_3\text{-N} &= 30 \text{ mg/L} \\ \text{NH}_3\text{-N} &= 3,6 \text{ mg/L} \\ \text{Sisa Cl} &= 0,5 \text{ mg/L} \\ \rho \text{ kaporit} &= 860 \text{ kg/m}^3 \\ \text{C larutan} &= 6\% \end{aligned}$$

Perhitungan **Kebutuhan Kaporit**

$$\begin{aligned} N/N_0 &= (CT/b)^{-n} \\ 3000 / 18 \times 10^6 &= (C.60/4)^{-2,8} \\ C &= 2,98 \text{ mg/L} \\ \text{Cl}_2 &= Q \times \text{Cl}_2 \\ &= 0,023 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2,98 \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9,82 \text{ kg/hari} \\
 \text{Vol Kaporit} &= \text{Massa kaporit} / \text{densitas kaporit} \\
 &= 9,82 \text{ kg/hari} / 860 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0,01 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Bak Pelarut

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pelarut} &= (100\% - 1\%) / 1\% \times \text{Volume kaporit} \\
 &= (100\% - 1\%) / 1\% \times 0,01 = 1,13 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume larutan kaporit} &= \text{volume kaporit} + \text{volume pelarut} \\
 &= 0,01 + 1,13 = 1,14 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Apabila direncanakan $t_d = 24$ jam maka.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pelarut} &= 1,14 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari} \\
 &= 1,14 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi Bak Pelarut

Direncanakan

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

$$\text{Rasio } p : l = 1 : 1$$

$$\text{Volume pelarut} = p \times l \times t$$

$$1,14 \text{ m}^3 = l \times l \times 1 \text{ m}$$

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

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

5.1.2 Perhitungan Bak Desinfeksi

Kriteria Perencanaan

Jarak antar sekat > 45 cm

Jarak ujung baffle dengan dinding > 60 cm

Kedalaman air > 1 m

t_d 15 - 30 menit

Tiap flokulator terdapat 3 kompartemen

t_d antara 15 - 30 menit (Schulz and Okun, 1984)

Direncanakan

Flokulator yang digunakan adalah flokulator jenis baffle channel.

$$\text{Kedalaman (H)} = 1 \text{ m}$$

Diasumsikan suhu air sebesar 25°C

$$\mu = 0.8949 \times 10^{-3} \text{ N.detik/ m}^2$$

$$\rho = 997.07 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 0.8975 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Qunit} = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimensi Bak

$$T_d = 1800 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= Q \times t_{\text{d total}} \\
 &= 0,023 \text{ m}^3/\text{s} \times 1800 \text{ s} \\
 &= 41,17 \text{ m}^3 \\
 \text{As} &= \frac{\text{Volume bak}}{h} = \frac{558,9 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} \\
 &= 41,17 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Perbandingan Panjang (L) : Lebar (W)

$$\begin{aligned}
 L : W &= 2 : 1 \\
 L \times W &= 41,17 \text{ m}^2 \\
 2W \times W &= 372,6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= \sqrt{\frac{372,6}{2}} \text{ m} \\
 &= 4,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 L \\
 &= 2 \times 4,5 = 9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ total} &= 1 + 0,5 = 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Baffle

Jarak antara ujung baffle dan dinding bak direncanakan 0,5 m (d), agar ada cukup ruang bagi orang pada saat membersihkan bak tersebut.

Jumlah baffle (N)

$$\begin{aligned}
 N &= \left\{ \frac{2 \times \mu \times t_{\text{d}}}{\rho \times (1,44 + f)} \left[\frac{H \times L \times G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3} \\
 20 &= \left\{ \frac{2 \times 0,8949 \times 10^{-3} \times 900}{997,07 \times (1,44 + 0,3)} \left[\frac{1 \times 9,5 \times G}{0,023} \right]^2 \right\}^{1/3} \\
 G &= 5,3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Jarak antar baffle (s)

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{P \text{ bak} - (\text{tebal baffle} \times n) - (2 \times 0,6)}{(N-1)} \\
 &= \frac{9,5 - (0,1 \times 20) - 1,2}{(38)} \\
 &= 0,32 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Headloss pada flokulator

$$\begin{aligned}
 hL &= \frac{\mu \times t}{\rho \times g} \times G^2 \\
 &= \frac{0,89 \times 10^{-3} \times 900}{997,07 \times 9,81} \times 5,3^2
 \end{aligned}$$

$$= 0,0046 \text{ m}$$

Untuk dimensi dan jumlah baffle bak desinfeksi pada masing-masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43. Dimensi dan Jumlah Baffle Masing-masing IPAL

Nama IPAL	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Jumlah Baffle
IPAL A	9	4,5	1	20
IPAL B	7,5	3,5	1	20
IPAL C	3,5	2	1	10

Pipa Outlet

Direncanakan

$$Q = 0,0057 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Luas pipa (A)} = \frac{Q}{v} = \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= 0,01 \text{ m}^2$$

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

$$D^2 = \frac{0,01 \text{ m}^2}{0,25 \times \pi}$$

$$\text{Diameter} = 0,11 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 112 \text{ mm}$$

$$\text{Cek kecepatan (v)} = \frac{0,0057 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,25 \times \pi \times 0,112 \times 0,4}$$

$$= 0,58 \text{ m/s}$$

Pipa Pembagi

Direncanakan

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 20,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas pipa (A)} = \frac{Q}{v} = \frac{0,023 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= 0,03 \text{ m}^2$$

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

$$D^2 = \frac{0,03 \text{ m}^2}{0,25 \times \pi}$$

$$\text{Diameter} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 211,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek kecepatan (v)} &= \frac{0,0057 \frac{m^3}{s}}{0,25 \times \pi \times 0,211,8 \times 0,4} \\ &= 0,68 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Pipa Inlet

Direncanakan

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas pipa (A)} &= \frac{Q}{v} = \frac{0,023 \frac{m^3}{s}}{0,6 \frac{m}{s}} \\ &= 0,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

$$D^2 = \frac{0,03 \text{ m}^2}{0,25 \times \pi}$$

$$\text{Diameter} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 211,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek kecepatan (v)} &= \frac{0,0057 \frac{m^3}{s}}{0,25 \times \pi \times 0,211,8 \times 0,4} \\ &= 0,68 \text{ m/s} \end{aligned}$$

5.7. Kesetimbangan Massa

5.7.1. Kesetimbangan Massa IPAL A

IPAL A terdiri dari unit sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, aerobik biofilter, bak pengendap akhir dan bak desinfeksi.

Kesetimbangan Massa Bak Pengendap Anaerobik

1. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= (100-60,6)\% \times 273,33 \text{ mg/L} \\ &= 107,692 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= (100-38)\% \times 483,87 \text{ mg/L} \\ &= 299 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= (100-36)\% \times 235 \text{ mg/L} \\ &= 150,4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{konsentrasi TSS} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 273,33 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ &\text{mg/kg} = 135,05 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{BOD} = \text{konsentrasi BOD} \times Q \text{ air limbah}$$

$$= 483,87 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 239,07 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 235 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 116,11 \text{ kg/hari}$$

3. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 60,6\% \times 273,33 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s}$$

$$= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 81,84 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 38\% \times 483,87 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s}$$

$$= 638,4 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 90,85 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 36\% \times 235 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s}$$

$$= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 41,8 \text{ kg/hari}$$

4. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{TSSin} - \text{lumpur TSS}$$

$$= 135,05 \text{ kg/hari} - 81,84 \text{ kg/hari} = 53,21 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{BODin} - \text{lumpur BOD}$$

$$= 239,07 \text{ kg/hari} - 90,85 \text{ kg/hari} = 148,22 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{CODin} - \text{lumpur COD}$$

$$= 116,11 \text{ kg/hari} - 41,8 \text{ kg/hari} = 74,31 \text{ kg/hari}$$

Kesetimbangan Massa Aerobik Biofilter

1. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = (100 - 72,76)\% \times 107,69 \text{ mg/L}$$

$$= 29,33 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = (100 - 90)\% \times 299 \text{ mg/L}$$

$$= 29,99 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = (100 - 80)\% \times 235 \text{ mg/L}$$

$$= 30,08 \text{ mg/L}$$

$$\text{NH}_3 = (100 - 0,8)\% \times 40 \text{ mg/L}$$

$$= 8 \text{ mg/L}$$

2. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 107,69 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 53,21 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 299,99 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 148,22 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 150,4 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg}$$

$$= 74,31 \text{ kg/hari}$$

$$\text{NH}_3 = \text{konsentrasi NH}_3 \times \text{Q air limbah}$$

$$= 40 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 19,76 \text{ kg/hari}$$

3. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 72,76\% \times 168 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} /$$

$$1000000 \text{ mg/kg} = 38,71 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 90\% \times 299,99 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} /$$

$$1000000 \text{ mg/kg} = 133,4 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 80\% \times 150,4 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} /$$

$$1000000 \text{ mg/kg} = 59,45 \text{ kg/hari}$$

$$\text{NH}_3 = \%R \times \text{konsentrasi NH}_3 \times \text{Q air limbah}$$

$$= 80\% \times 40 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 15,81 \text{ kg/hari}$$

4. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{TSSin} - \text{lumpur TSS}$$

$$= 53,21 \text{ kg/hari} - 38,71 \text{ kg/hari} = 14,49 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{BODin} - \text{lumpur BOD}$$

$$= 148,22 \text{ kg/hari} - 144,4 \text{ kg/hari} = 14,822 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{CODin} - \text{lumpur COD}$$

$$= 74,31 \text{ kg/hari} - 59,45 \text{ kg/hari} = 14,86 \text{ kg/hari}$$

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_{3\text{in}} - \text{lumpur NH}_3$$

$$= 19,76 \text{ kg/hari} - 15,82 \text{ kg/hari} = 3,95 \text{ kg/hari}$$

5.7.2. Kesenjangan Massa IPAL B

IPAL B terdiri dari unit sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, aerobik biofilter, bak pengendap akhir dan bak desinfeksi.

Kesetimbangan Massa Bak Pengendap Anaerobik

1. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = (100-60,6)\% \times 273,33 \text{ mg/L}$$

$$= 107,692 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = (100-38)\% \times 483,87 \text{ mg/L}$$

$$= 299 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = (100-36)\% \times 235 \text{ mg/L}$$

$$= 150,4 \text{ mg/L}$$

2. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 273,33 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 117,08 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 483,87 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 207,27 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 235 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 100,66 \text{ kg/hari}$$

3. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 60,6\% \times 273,33 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s}$$

$$= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 70,95 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 38\% \times 483,87 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s}$$

$$= 638,4 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 78,76 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 36\% \times 235 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s}$$

$$= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 36,24 \text{ kg/hari}$$

4. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{TSSin} - \text{lumpur TSS}$$

$$= 117,08 \text{ kg/hari} - 70,95 \text{ kg/hari} = 46,13 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{BODin} - \text{lumpur BOD}$$

$$= 207,27 \text{ kg/hari} - 78,76 \text{ kg/hari} = 128,51 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned}\text{COD} &= \text{COD}_{\text{in}} - \text{lumpur COD} \\ &= 100,66 \text{ kg/hari} - 36,24 \text{ kg/hari} = 64,42 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Kesetimbangan Massa Aerobik Biofilter

5. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned}\text{TSS} &= (100-72,76)\% \times 107,69 \text{ mg/L} \\ &= 29,33 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BOD} &= (100-90)\% \times 299 \text{ mg/L} \\ &= 29,99 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD} &= (100-80)\% \times 235 \text{ mg/L} \\ &= 30,08 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NH}_3 &= (100-0,8)\% \times 40 \text{ mg/L} \\ &= 8 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

6. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned}\text{TSS} &= \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah} \\ &= 107,69 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 46,13 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BOD} &= \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 299,99 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 128,51 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD} &= \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 150,4 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 64,43 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NH}_3 &= \text{konsentrasi NH}_3 \times \text{Q air limbah} \\ &= 40 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 17,13 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

7. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned}\text{TSS} &= \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah} \\ &= 72,76\% \times 168 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / \\ &1000000 \text{ mg/kg} = 33,56 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BOD} &= \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 90\% \times 299,99 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / \\ &1000000 \text{ mg/kg} = 115,66 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD} &= \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 80\% \times 150,4 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / \\ &1000000 \text{ mg/kg} = 51,54 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\text{NH}_3 = \%R \times \text{konsentrasi NH}_3 \times \text{Q air limbah}$$

$$= 80\% \times 40 \text{ mg/L} \times 4,96 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 13,71 \text{ kg/hari}$$

8. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{TSSin} - \text{lumpur TSS}$$

$$= 46,13 \text{ kg/hari} - 33,56 \text{ kg/hari} = 12,57 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{BODin} - \text{lumpur BOD}$$

$$= 128,51 \text{ kg/hari} - 115,66 \text{ kg/hari} = 12,85 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{CODin} - \text{lumpur COD}$$

$$= 64,42 \text{ kg/hari} - 51,54 \text{ kg/hari} = 12,88 \text{ kg/hari}$$

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_{3\text{in}} - \text{lumpur NH}_3$$

$$= 17,13 \text{ kg/hari} - 13,71 \text{ kg/hari} = 3,43 \text{ kg/hari}$$

5.7.3. Kesenjangan Massa IPAL C

IPAL C terdiri dari unit sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, aerobik biofilter, bak pengendap akhir dan bak desinfeksi.

Kesenjangan Massa Bak Pengendap Anaerobik

1. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = (100-60,6)\% \times 273,33 \text{ mg/L}$$

$$= 107,692 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = (100-38)\% \times 483,87 \text{ mg/L}$$

$$= 299 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = (100-36)\% \times 235 \text{ mg/L}$$

$$= 150,4 \text{ mg/L}$$

2. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 273,33 \text{ mg/L} \times 3,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 88,03 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 483,87 \text{ mg/L} \times 3,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000$$

$$\text{mg/kg} = 155,82 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 235 \text{ mg/L} \times 3,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 75,68 \text{ kg/hari}$$

3. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah}$$

$$= 60,6\% \times 273,33 \text{ mg/L} \times 3,7 \text{ L/s}$$

$$= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$=53,34 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 38\% \times 483,87 \text{ mg/L} \times 3,7 \text{ L/s} \\ &= 638,4 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 59,21 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 36\% \times 235 \text{ mg/L} \times 3,7 \text{ L/s} \\ &= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 27,24 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

4. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{TSSin} - \text{lumpur TSS} \\ &= 88,02 \text{ kg/hari} - 53,34 \text{ kg/hari} = 34,68 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \text{BODin} - \text{lumpur BOD} \\ &= 155,82 \text{ kg/hari} - 59,21 \text{ kg/hari} = 96,61 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \text{CODin} - \text{lumpur COD} \\ &= 75,68 \text{ kg/hari} - 27,24 \text{ kg/hari} = 48,43 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Kesetimbangan Massa Aerobik Biofilter

1. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= (100-72,76)\% \times 107,69 \text{ mg/L} \\ &= 29,33 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= (100-90)\% \times 299 \text{ mg/L} \\ &= 29,99 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= (100-80)\% \times 235 \text{ mg/L} \\ &= 30,08 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NH}_3 &= (100-0,8)\% \times 40 \text{ mg/L} \\ &= 8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{konsentrasi TSS} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 107,69 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 34,68 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \text{konsentrasi BOD} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 299,99 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 96,61 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \text{konsentrasi COD} \times Q \text{ air limbah} \\ &= 150,4 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 48,43 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{NH}_3 = \text{konsentrasi NH}_3 \times Q \text{ air limbah}$$

$$= 40 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg}$$

$$= 12,88 \text{ kg/hari}$$

3. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times Q \text{ air limbah}$$

$$= 72,76\% \times 168 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} = 25,23 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times Q \text{ air limbah}$$

$$= 90\% \times 299,99 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} = 86,95 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times Q \text{ air limbah}$$

$$= 80\% \times 150,4 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} = 38,75 \text{ kg/hari}$$

$$\text{NH}_3 = \%R \times \text{konsentrasi NH}_3 \times Q \text{ air limbah}$$

$$= 80\% \times 40 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} = 10,31 \text{ kg/hari}$$

4. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = \text{TSS}_{\text{in}} - \text{lumpur TSS}$$

$$= 34,68 \text{ kg/hari} - 25,23 \text{ kg/hari} = 9,45 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD} = \text{BOD}_{\text{in}} - \text{lumpur BOD}$$

$$= 96,61 \text{ kg/hari} - 86,95 \text{ kg/hari} = 9,66 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = \text{COD}_{\text{in}} - \text{lumpur COD}$$

$$= 48,43 \text{ kg/hari} - 38,75 \text{ kg/hari} = 9,68 \text{ kg/hari}$$

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_{3\text{in}} - \text{lumpur NH}_3$$

$$= 12,88 \text{ kg/hari} - 10,31 \text{ kg/hari} = 2,58 \text{ kg/hari}$$

5.7.4. Kesenjangan Massa IPAL D

IPAL D terdiri dari unit sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik dan aerobik biofilter.

Kesenjangan Massa Bak Pengendap Anaerobik

1. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\text{TSS} = (100 - 60,6)\% \times 151 \text{ mg/L}$$

$$= 59,49 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD} = (100 - 38)\% \times 161 \text{ mg/L}$$

$$= 99,82 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = (100 - 36)\% \times 367 \text{ mg/L}$$

$$= 234,88 \text{ mg/L}$$

2. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah} \\ &= 151 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 12,78 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 161 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 13,63 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 367 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 31,07 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

3. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah} \\ &= 60,6\% \times 151 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \\ &= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 7,75 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 38\% \times 161 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \\ &= 638,4 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 5,18 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 36\% \times 235 \text{ mg/L} \times 5,7 \text{ L/s} \\ &= 2443,39 \text{ mg/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 11,18 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

4. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{TSSin} - \text{lumpur TSS} \\ &= 12,78 \text{ kg/hari} - 7,75 \text{ kg/hari} = 5,03 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \text{BODin} - \text{lumpur BOD} \\ &= 13,63 \text{ kg/hari} - 5,18 \text{ kg/hari} = 8,45 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \text{CODin} - \text{lumpur COD} \\ &= 31,07 \text{ kg/hari} - 11,18 \text{ kg/hari} = 19,89 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Kesetimbangan Massa Aerobic Biofilter

5. Efluen TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= (100-72,76)\% \times 59,49 \text{ mg/L} \\ &= 16,21 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= (100-90)\% \times 99,82 \text{ mg/L} \\ &= 9,98 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= (100-80)\% \times 234,88 \text{ mg/L} \\ &= 46,98 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NH}_3 &= (100-0,8)\% \times 40 \text{ mg/L} \\ &= 8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

6. Massa masuk TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah} \\ &= 59,49 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 5,04 \text{ kg/hari} \\ \text{BOD} &= \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 99,82 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 8,45 \text{ kg/hari} \\ \text{COD} &= \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 234,88 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 19,88 \text{ kg/hari} \\ \text{NH}_3 &= \text{konsentrasi NH}_3 \times \text{Q air limbah} \\ &= 40 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \text{ mg/kg} \\ &= 3,39 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

7. Massa Lumpur TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \%R \text{ TSS} \times \text{konsentrasi TSS} \times \text{Q air limbah} \\ &= 72,76\% \times 59,49 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / \\ &1000000 \text{ mg/kg} = 3,66 \text{ kg/hari} \\ \text{BOD} &= \%R \text{ BOD} \times \text{konsentrasi BOD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 90\% \times 99,82 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / \\ &1000000 \text{ mg/kg} = 7,61 \text{ kg/hari} \\ \text{COD} &= \%R \text{ COD} \times \text{konsentrasi COD} \times \text{Q air limbah} \\ &= 80\% \times 234,88 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / \\ &1000000 \text{ mg/kg} = 15,91 \text{ kg/hari} \\ \text{NH}_3 &= \%R \times \text{konsentrasi NH}_3 \times \text{Q air limbah} \\ &= 80\% \times 40 \text{ mg/L} \times 0,98 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/hari} / 1000000 \\ \text{mg/kg} &= 2,71 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

8. Massa Keluar TSS, BOD dan COD

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{TSSin} - \text{lumpur TSS} \\ &= 5,04 \text{ kg/hari} - 3,66 \text{ kg/hari} = 1,37 \text{ kg/hari} \\ \text{BOD} &= \text{BODin} - \text{lumpur BOD} \\ &= 8,45 \text{ kg/hari} - 7,61 \text{ kg/hari} = 0,84 \text{ kg/hari} \\ \text{COD} &= \text{CODin} - \text{lumpur COD} \\ &= 19,88 \text{ kg/hari} - 15,91 \text{ kg/hari} = 3,98 \text{ kg/hari} \\ \text{NH}_3 &= \text{NH}_{3\text{in}} - \text{lumpur NH}_3 \\ &= 3,39 \text{ kg/hari} - 2,71 \text{ kg/hari} = 0,68 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

5.8. Profil Hidrolis

Profil hidrolis menggambarkan perbedaan ketinggian muka air dari inlet hingga outlet bangunan IPAL. Penurunan ketinggian muka air dapat disebabkan oleh *headloss* akibat gesekan pipa maupun aksesoris pipa.

5.8.1. Profil Hidrolis IPAL A

Pada IPAL A terdiri dari unit bangunan sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, biofilter aerobik, bak pengendap akhir dan bak desinfeksi.

1. Headloss Bak Pengendap Anaerobik Headloss Pipa Pembagi

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{23}{0,00155 \times c \times 21,8^{2,63}} \right)^{1,85} \times 20,5 \\ &= 0,043 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ minor} = k \times (V^2 / 2 \times g)$$

$$\begin{aligned} H_m \text{ akibat 2 belokan} &= 2 \times 0,4 \times 0,65^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,013 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_m \text{ akibat 2 tee} &= 2 \times 0,7 \times 0,65^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_v &= V^2 / 2 \times g \\ &= 0,65^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,022 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ sistem} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\ &= 0,043 + 0,043 + 0,022 \\ &= 0,108 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{23}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,007 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ minor} = k \times (V^2 / 2 \times g)$$

$$\begin{aligned} H_m \text{ akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,58^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,005 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_m \text{ akibat valve} &= 2 \times 0,8 \times 0,58^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,014 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_v = V^2 / 2 \times g$$

$$\begin{aligned}
&= 0,58^2 / 2 \times 9,81 \\
&= 0,022 \text{ m} \\
\text{Hf sistem} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\
&= 0,007 + 0,019 + 0,022 \\
&= 0,048 \text{ m} \\
\text{Hf Total} &= \text{Hf pipa pembagi} + \text{Pipa Inlet} \\
&= 0,108 + 0,048 = 0,155 \text{ m}
\end{aligned}$$

2. Headloss ABF Pipa baffle

$$\begin{aligned}
\text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
&= \left(\frac{5,72/4}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\
&= 0,0005 \text{ m} \\
\text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\
\text{Hm akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
&= 0,006 \text{ m} \\
\text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\
&= 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
&= 0,018 \text{ m} \\
\text{Hf Total} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\
&= 0,0005 + 0,006 + 0,018 \\
&= 0,025 \text{ m}
\end{aligned}$$

3. Headloss Clarifier Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned}
\text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
&= \left(\frac{5,72}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\
&= 0,007 \text{ m} \\
\text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\
\text{Hm akibat valve} &= 0,8 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
&= 0,015 \text{ m} \\
\text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\
&= 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
&= 0,018 \text{ m} \\
\text{Hf Total} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\
&= 0,007 + 0,015 + 0,018 \\
&= 0,04 \text{ m}
\end{aligned}$$

4. Headloss Bak Desinfeksi

Headloss Pipa Pembagi

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{23}{0,00155 \times c \times 26,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 20,5 \\ &= 0,015 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\ H_m \text{ akibat 2 belokan} &= 2 \times 0,4 \times 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,006 \text{ m} \\ H_m \text{ akibat 2 tee} &= 2 \times 0,7 \times 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,013 \text{ m} \\ H_v &= V^2 / 2 \times g \\ &= 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,009 \text{ m} \\ H_f \text{ sistem} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\ &= 0,015 + 0,019 + 0,009 \\ &= 0,043 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{23}{0,00155 \times c \times 26,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,0015 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\ H_m \text{ akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,003 \text{ m} \\ H_m \text{ akibat valve} &= 0,8 \times 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,007 \text{ m} \\ H_v &= V^2 / 2 \times g \\ &= 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,009 \text{ m} \\ H_f \text{ sistem} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\ &= 0,00015 + 0,01 + 0,009 \\ &= 0,021 \text{ m} \\ H_f \text{ Baffle} &= 0,0046 \text{ m} \\ H_f \text{ Total} &= H_f \text{ pipa pembagi} + H_f \text{ Pipa Inlet} \\ &+ h_f \text{ Baffle} \\ &= 0,043 + 0,021 + 0,0046 \\ &= 0,076 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 5.45. Ketinggian Muka Air IPAL A

unit	headloss (m)	ketinggian muka air (m)
Bak Pengendap Anaerobik	0,155	0,659
<i>Aerobic Biofilter</i>	0,025	0,634
Clarifier	0,040	0,294
Bak Desinfeksi	0,076	0,219

Selanjutnya memastikan bahwa debit outlet IPAL A yang menuju badan air terdekat dapat ditampung oleh badan air tersebut. Badan air yang digunakan pada IPAL A adalah drainase perkotaan. Jarak antara outlet IPAL A dan drainase perkotaan yaitu 5,3 m.

$$\text{Panjang} = 1460 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Kedalaman air saat hujan} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas drainase} &= \text{lebar} \times \text{tinggi} \times \text{panjang} \\ &= 1 \times 1 \times 1460 = 1460 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air drainase} &= \text{lebar} \times \text{kedalaman air} \times \text{panjang} \\ &= 1 \times 0,5 \times 1460 = 730 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$Q \text{ outlet IPAL} = 494 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q \text{ drainase total} = 730 + 494 = 1224 \text{ m}^3$$

Q drainase total lebih kecil dari kapasitas drainase, maka tidak akan terjadi peluapan pada drainase.

$$D \text{ pipa outlet} = 0,112 \text{ m}$$

$$R = A/P = \frac{\frac{1}{4} \pi \times D^2}{\mu \times D} = D/4 = 0,112/4 = 0,028$$

$$\begin{aligned} V &= 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= 1/0,0012 \times 0,028^{2/3} \times 0,0001^{1/2} = 0,77 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hL &= \text{slope} \times \text{panjang pipa} \\ &= 0,0001 \times 5,3 = 0,00053 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi akhir pipa} &= \text{elevasi awal pipa} - hL \\ &= 0,219 - 0,00053 = 0,2185 \text{ m} \end{aligned}$$

5.8.2. Profil Hidrolis IPAL B

Pada IPAL A terdiri dari unti bangunan sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, biofilter aerobik, bak pengendap akhir dan bak desinfeksi.

**1. Headloss Bak Pengendap Anaerobik
Headloss Pipa Pembagi**

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{14,87}{0,00155 \times c \times 16,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 10,25 \\ &= 0,035 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\ H_m \text{ akibat 2 belokan} &= 2 \times 0,4 \times 0,72^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,016 \text{ m} \\ H_m \text{ akibat 2 tee} &= 2 \times 0,7 \times 0,72^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,037 \text{ m} \\ H_v &= V^2 / 2 \times g \\ &= 0,72^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,027 \text{ m} \\ H_f \text{ sistem} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\ &= 0,035 + 0,054 + 0,027 \\ &= 0,116 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{14,87}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,005 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\ H_m \text{ akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,5^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,004 \text{ m} \\ H_m \text{ akibat valve} &= 2 \times 0,8 \times 0,5^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,01 \text{ m} \\ H_v &= V^2 / 2 \times g \\ &= 0,5^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,027 \text{ m} \\ H_f \text{ sistem} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\ &= 0,005 + 0,019 + 0,022 \\ &= 0,046 \text{ m} \\ H_f \text{ Total} &= H_f \text{ pipa pembagi} + H_f \text{ Pipa Inlet} \\ &= 0,116 + 0,046 = 0,218 \text{ m} \end{aligned}$$

**2. Headloss ABF
Pipa baffle**

$$\begin{aligned} \text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{5,72/4}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,0004 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\ \text{Hm akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,006 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\ &= 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,018 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf Total} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\ &= 0,0005 + 0,006 + 0,018 \\ &= 0,024 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Headloss Clarifier Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned} \text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{5,72}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\ \text{Hm akibat valve} &= 0,8 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,015 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\ &= 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,018 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf Total} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\ &= 0,003 + 0,015 + 0,018 \\ &= 0,036 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Headloss Bak Desinfeksi

Headloss Pipa Pembagi

$$\begin{aligned} \text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{14,87}{0,00155 \times c \times 21,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 10,25 \\ &= 0,001 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\ \text{Hm akibat 2 belokan} &= 2 \times 0,42 \times 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,006 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Hm akibat 2 tee} = 2 \times 0,7 \times 0,42^2 / 2 \times 9,81$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,013 \text{ m} \\
 \text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\
 &= 0,42^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,009 \text{ m} \\
 \text{Hf sistem} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\
 &= 0,001 + 0,018 + 0,009 \\
 &= 0,037 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned}
 \text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{14,87}{0,00155 \times c \times 21,18^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\
 &= 0,0019 \text{ m} \\
 \text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\
 \text{Hm akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,43^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,003 \text{ m} \\
 \text{Hm akibat valve} &= 0,8 \times 0,42^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,007 \text{ m} \\
 \text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\
 &= 0,42^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,009 \text{ m} \\
 \text{Hf sistem} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\
 &= 0,00015 + 0,01 + 0,009 \\
 &= 0,021 \text{ m} \\
 \text{Hf Baffle} &= 0,0028 \text{ m} \\
 \text{Hf Total} &= \text{Hf pipa pembagi} + \text{Pipa Inlet} \\
 &+ \text{hf Baffle} \\
 &= 0,037 + 0,021 + 0,0028 \\
 &= 0,061 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.46. Ketinggian Muka Air IPAL B

unit	headloss (m)	ketinggian muka air (m)
Bak Pengendap Anaerobik	0,218	3,134
<i>Aerobic Biofilter</i>	0,024	3,110
Clarifier	0,036	2,773
Bak Desinfeksi	0,061	2,712

Selanjutnya memastikan bahwa debit outlet IPAL B yang menuju badan air terdekat dapat ditampung oleh badan air

tersebut. Badan air yang digunakan pada IPAL B adalah drainase perkotaan. Jarak antara outlet IPAL B dan drainase perkotaan yaitu 38,97 m.

$$\text{Panjang} = 884,1 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Kedalaman air saat hujan} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas drainase} &= \text{lebar} \times \text{tinggi} \times \text{panjang} \\ &= 1 \times 1 \times 884,1 = 884,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air drainase} &= \text{lebar} \times \text{kedalaman air} \times \text{panjang} \\ &= 1 \times 0,5 \times 884,1 = 442,05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$Q \text{ outlet IPAL} = 428 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q \text{ drainase total} = 442,05 + 428 = 870,05 \text{ m}^3$$

Q drainase total lebih kecil dari kapasitas drainase, maka tidak akan terjadi peluapan pada drainase.

$$D \text{ pipa outlet} = 0,112 \text{ m}$$

$$R = A/P = \frac{\frac{1}{4}\pi \times D^2}{4} = D/4 = 0,112/4 = 0,028$$

$$V = 1/n \times R^{\frac{49}{23}} \times S^{1/2} = 1/0,0012 \times 0,028^{2/3} \times 0,0001^{1/2} = 0,77 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} hL &= \text{slope} \times \text{panjang pipa} \\ &= 0,0001 \times 38,97 = 0,0039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi akhir pipa} &= \text{elevasi awal pipa} - hL \\ &= 2,712 - 0,0039 = 2,7081 \text{ m} \end{aligned}$$

5.8.3. Profil Hidrolis IPAL C

Pada IPAL C terdiri dari unti bangunan sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, aerobik biofilter, bak pengendap akhir dan bak desinfeksi.

1. Headloss Bak Pengendap Anaerobik Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned} H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left(\frac{14,87}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\ &= 0,0002 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ minor} = k \times (V^2 / 2 \times g)$$

$$\begin{aligned} H_m \text{ akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\ &= 0,0011 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_m \text{ akibat valve} = 2 \times 0,8 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81$$

$$\begin{aligned}
 H_v &= 0,015 \text{ m} \\
 &= V^2 / 2 \times g \\
 &= 0,38^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,018 \text{ m} \\
 H_f \text{ Total} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\
 &= 0,0002 + 0,037 + 0,018 \\
 &= 0,045 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Headloss ABF

Pipa baffle

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{3,72/4}{0,00155 \times C \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\
 &= 0,0002 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$H_f \text{ minor} = k \times (V^2 / 2 \times g)$$

$$\begin{aligned}
 H_m \text{ akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,006 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_v &= V^2 / 2 \times g \\
 &= 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,018 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ Total} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\
 &= 0,0002 + 0,006 + 0,018 \\
 &= 0,024 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.47. Ketinggian Muka Air IPAL C

unit	headloss (m)	ketinggian muka air (m)
Bak Pengendap Anaerobik	0,025	4,242
<i>Aerobic Biofilter</i>	0,024	4,218
Clarifier	0,033	3,885
Bak Desinfeksi	0,019	3,866

Selanjutnya memastikan bahwa debit outlet IPAL C yang menuju badan air terdekat dapat ditampung oleh badan air tersebut. Badan air yang digunakan pada IPAL C adalah kali Greges. Jarak antara outlet IPAL C dan kali Greges yaitu 36,11 m.

$$D \text{ pipa outlet} = 0,112 \text{ m}$$

$$R = A/P = \frac{\frac{1}{4} \pi \times D^2}{\pi \times D} = D/4 = 0,112/4 = 0,028$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 1/0,0012 \times 0,028^{2/3} \times 0,0001^{1/2} = 0,77 \text{ m/s} \\
 \text{hL} &= \text{slope} \times \text{panjang pipa} \\
 &= 0,0001 \times 36,11 = 0,0036 \\
 \text{Elevasi akhir pipa} &= \text{elevasi awal pipa} - \text{hL} \\
 &= 3,866 - 0,0036 = 3,865 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5.8.3. Profil Hidrolis IPAL D

Pada IPAL D terdiri dari unti bangunan sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, aerobik biofilter.

1. Headloss Bak Pengendap Anaerobik Headloss Pipa Inlet

$$\begin{aligned}
 \text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{14,87}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\
 &= 0,005 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\
 \text{Hm akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,38^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,002 \text{ m} \\
 \text{Hm akibat valve} &= 2 \times 0,8 \times 0,38^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,006 \text{ m} \\
 \text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\
 &= 0,38^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,007 \text{ m} \\
 \text{Hf Total} &= \text{Hf major} + \text{Hf minor} + \text{Hv} \\
 &= 0,005 + 0,008 + 0,007 \\
 &= 0,025 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Headloss ABF Pipa baffle

$$\begin{aligned}
 \text{Hf major} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{3,72/4}{0,00155 \times c \times 11,2^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \\
 &= 0,0002 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hf minor} &= k \times (V^2 / 2 \times g) \\
 \text{Hm akibat 1 belokan} &= 1 \times 0,4 \times 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,006 \text{ m} \\
 \text{Hv} &= V^2 / 2 \times g \\
 &= 0,6^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,018 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ Total} &= H_f \text{ major} + H_f \text{ minor} + H_v \\
 &= 0,0002 + 0,006 + 0,018 \\
 &= 0,024 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.48. Ketinggian Muka Air IPAL C

Nama IPAL	Headloss (m)		Ketinggian Muka Air (m)	
	Bak Pengendap	ABF	Bak Pengendap	ABF
IPAL D1	0,045	0,024	6,051	6,027
IPAL D2	0,045	0,024	6,051	6,027
IPAL D3	0,045	0,024	5,441	5,417
IPAL D4	0,045	0,024	5,441	5,417

Selanjutnya memastikan bahwa debit outlet IPAL D yang menuju badan air terdekat dapat ditampung oleh badan air tersebut. Badan air yang digunakan pada IPAL C adalah kali Greges. Jarak antara outlet IPAL D dan kali Greges yaitu 5,54 m.

$$D \text{ pipa outlet} = 0,112 \text{ m}$$

$$R = A/P = \frac{\frac{1}{4} \pi \times D^2}{4} = D/4 = 0,112/4 = 0,028$$

$$\begin{aligned}
 V &= 1/n \times R^{\frac{49}{148.5}} \times S^{1/2} \\
 &= 1/0,0012 \times 0,028^{2/3} \times 0,0001^{1/2} = 0,77 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 hL &= \text{slope} \times \text{panjang pipa} \\
 &= 0,0001 \times 5,54 = 0,00054
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi akhir pipa} &= \text{elevasi awal pipa} - hL \\
 &= 6,051 - 0,00054 = 6,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.49. Elevasi Akhir Pipa Menuju Badan Air

Nama IPAL	Panjang Pipa	Slope	hL	elevasi awal pipa	elevasi akhir pipa
IPAL D1	5,54	0,0001	0,00055	6,027	6,026
IPAL D2	6,66	0,0001	0,00067	6,027	6,026
IPAL D3	5,45	0,0001	0,00055	5,417	5,416
IPAL D4	5,77	0,0001	0,00058	5,417	5,416

5.9. Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

BOQ atau *Bill of Quantity* merupakan perincian jumlah dari seluruh peralatan dan pekerjaan yang dibutuhkan di dalam perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik di Kecamatan Asemrowo. Sedangkan rencana anggaran biaya didasarkan pada HSPK Kota Surabaya tahun 2019.

5.9.1. BOQ Perpipaian

Dalam Perencanaan ini digunakan pipa PVC untuk sistem penyaluran air limbah domestik di Kecamatan Asemrowo. Kebutuhan pipa didapatkan dari perhitungan dimensi pipa air limbah. Panjang pipa yang tersedia pada pasaran adalah 4 m. BOQ perpipaian pada masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.50, Tabel 5.51, Tabel 5.52 dan Tabel 5.53.

Tabel 5.50. Kebutuhan Pipa pada Blok A

No	Ukuran Pipa (inch)	Ukuran Pipa (mm)	Jumlah pipa	Total Panjang Pipa (m)
1	4	114	206	826
2	5	140	56	334
3	6	165	29	173
4	8	216	72	434
5	10	267	27	164

Tabel 5.51. Kebutuhan Pipa pada Blok B

No	Ukuran Pipa (inch)	Ukuran Pipa (mm)	Jumlah pipa	Total Panjang Pipa (m)
1	4	114	36	145
2	5	140	42	253
3	6	165	140	840
4	8	216	4	26

Tabel 5.52. Kebutuhan Pipa Pada Blok C

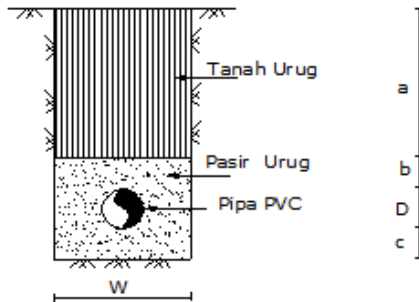
No	Ukuran Pipa (inch)	Ukuran Pipa (mm)	Jumlah pipa	Total Panjang Pipa (m)
1	4	114	112	448

Tabel 5.53. Kebutuhan Pipa pada Blok D

No	Ukuran Pipa (inch)	Ukuran Pipa (mm)	Jumlah pipa	Total Panjang Pipa (m)
1	4	114	502	2006

5.9.2. BOQ Galian dan Urugan

Penggalian pipa disesuaikan dengan keadaan tanah di wilayah perencanaan. Penanaman pipa dari permukaan tanah direncanakan sesuai dengan perhitungan yang dilakukan. Untuk bentuk galian tanah dapat dilakukan sesuai dengan Gambar 5.16.



Gambar 5.16. Galian Perpipaan

Untuk nilai a, b, c dan w telah diatur dalam standar Departemen Pekerjaan Umum yang dapat dilihat pada Tabel 5.54.

Tabel 5.54. Standar urugan dan Galian yang Diperkenankan

D (mm)	w (cm)	a (cm)	b (cm)	c (cm)
50-100	55-60	65-75	15	15
150-200	65-70	75	15	15
250-300	75-80	75	15	15
350-400	85-95	75	15	15
500-600	100-110	75	15	15
600-700	120-130	75	15	15
700-900	140-150	75	15	15

Sumber: Permen PUPR No. 4 tahun 2017

Nilai a, b, c dan w pada galian masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.55.

Tabel 5.55. Nilai a, b, c dan W Blok A

NO	Pipa	D (mm)	w (m)	a (m)	b (m)	c (m)
1	A-1	114	0,6	0,75	0,15	0,15
2	A-B	114	0,6	0,75	0,15	0,15
3	B-C	114	0,6	0,75	0,15	0,15
4	2-3	114	0,6	0,75	0,15	0,15
5	C-3	114	0,6	0,75	0,15	0,15
6	C-D	165	0,7	0,75	0,15	0,15
7	D-4	140	0,6	0,75	0,15	0,15
8	D-E	216	0,7	0,75	0,15	0,15
9	5-6	114	0,6	0,75	0,15	0,15
10	6-7	114	0,6	0,75	0,15	0,15
11	E-6	140	0,6	0,75	0,15	0,15
12	E-F	216	0,7	0,75	0,15	0,15
13	F-G	267	0,8	0,75	0,15	0,15
14	F-IPAL	216	0,7	0,75	0,15	0,15

Tabel 5.56. Nilai a, b, c dan W Blok B

NO	Pipa	D (mm)	w (m)	a (m)	b (m)	c (m)
1	A-1	165	0,7	0,75	0,15	0,15
2	A-B	165	0,7	0,75	0,15	0,15
3	B-C	165	0,7	0,75	0,15	0,15
4	2-3	140	0,6	0,75	0,15	0,15
5	C-2	114	0,6	0,75	0,15	0,15
6	C-IPAL	216	0,7	0,75	0,15	0,15

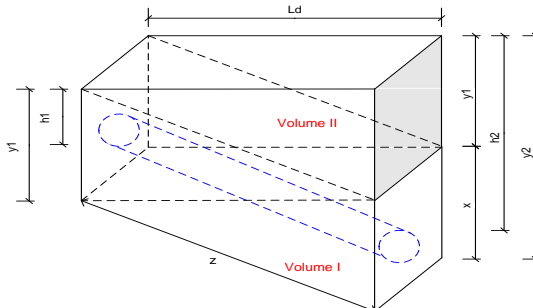
Tabel 5.57 Nilai a, b, c dan W Blok C

NO	Pipa	D (mm)	w (m)	a (m)	b (m)	c (m)
1	A-1	114	0,6	0,75	0,15	0,15
2	A-2	114	0,6	0,75	0,15	0,15
3	A-B	114	0,6	0,75	0,15	0,15
4	B-3	114	0,6	0,75	0,15	0,15
5	B-4	114	0,6	0,75	0,15	0,15
6	B-C	114	0,6	0,75	0,15	0,15
7	C-IPAL	114	0,6	0,75	0,15	0,15

Tabel 5.58. Nilai a, b, c dan W Blok D

NO	Pipa	D (mm)	w (m)	a (m)	b (m)	c (m)
1	A-B	114	0,6	0,75	0,15	0,15
2	C-D	114	0,6	0,75	0,15	0,15
4	F-G	114	0,6	0,75	0,15	0,15
5	H-I	114	0,6	0,75	0,15	0,15

Perhitungan volume galian dapat dihitung berdasarkan Gambar 5.17.



Gambar 5.17. Galian Pipa

Tata cara perhitungan BOQ untuk galian pipa adalah sebagai berikut :

1. D = diameter pipa.
2. h = kedalaman penanaman pipa.
3. h_1 = kedalaman penanaman pipa awal.
4. h_2 = kedalaman penanaman pipa akhir.
5. y = kedalaman galian = $h + D + c$.
6. y_1 = kedalaman galian awal.
7. y_2 = kedalaman galian akhir.
8. $x = y_2 - y_1$, $z = ((y_1^2) + (L \text{ pipa}^2))^{1/2}$
9. Volume galian I = $[(0,3 \times 2) + D] \times y_1 \times L$
10. Volume galian II = $\frac{1}{2} [(0,3 \times 2) + D] \times x \times L$
11. Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
12. Volume pipa = $\frac{1}{4} \pi D^2 \times L$
13. Volume urugan pasir = $[D + (0,3 \times 2)] \times (b + D + c) \times L - \text{Volume pipa}$.
14. Volume Sisa Tanah Galian = Volume galian total – Volume urugan pasir.

Contoh perhitungan galian pada pipa A-1 pada blok A adalah sebagai berikut.

1. $D = 114 \text{ mm} = 0,114 \text{ m}$
2. Panjang saluran = $L \text{ pipa} = 119,14 \text{ m}$
3. $h_1 = 0,81 \text{ m}$, $h_2 = 0,92 \text{ m}$
4. $y_1 = h_1 + c = 0,81 + 0,15 = 1,08 \text{ m}$
5. $y_2 = h_2 + c = 0,92 + 0,15 = 1,19 \text{ m}$
6. $x = y_2 - y_1 = 1,19 - 1,08 = 0,11 \text{ m}$
7. $Z = [(1,08^2) + (119,14^2)]^{1/2} = 119,14 \text{ m}$
8. Volume galian I = $w \times y_1 \times z$
 $= 1 \times 1,08 \times 119,14$
 $= 91,7 \text{ m}^3$
9. Volume galian II = $\frac{1}{2} \times w \times x \times z$
 $= \frac{1}{2} \times (0,6 + 0,114) \times 0,11 \times 119,14$

$$= 4,63 \text{ m}^3$$

$$10. \text{ Volume galian total} = \text{Volume galian I} + \text{Volume galian II}$$

$$= 91,7 \text{ m}^3 + 4,63 \text{ m}^3$$

$$= 96,33 \text{ m}^3$$

$$11. \text{ Volume pipa} = \frac{1}{4} \pi D^2 \times L_{\text{saluran}}$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,114)^2 \times 119,14$$

$$= 1,22 \text{ m}^3$$

$$12. \text{ Volume urugan pasir} = (w \times b + D + c \times L_{\text{saluran}}) - \text{Volume Pipa}$$

$$= (0,6 + 0,114 \times 0,15 + 0,15 + 0,114 \times 119,14) - 1,22$$

$$= 34 \text{ m}^3$$

$$13. \text{ Volume tanah urug} = \text{Volume galian total} - \text{Volume urugan pasir} - \text{Volume pipa}$$

$$= 96,33 - 34 - 1,22$$

$$= 61,12 \text{ m}^3$$

$$14. \text{ Volume sisa galian tanah} = \text{Volume galian total} - \text{Volume tanah urug}$$

$$= 96,33 - 61,12$$

$$= 35,22 \text{ m}^3$$

$$15. \text{ Pemasangan paving kembali} = \text{panjang pipa} \times \text{lebar galian} \times \text{tebal pasir}$$

$$= 119,14 \times 0,6 \times 0,03 = 2,14 \text{ m}^3$$

Perhitungan lengkap BOQ galian pipa dapat dilihat pada Tabel 5.66, Tabel 5.67, Tabel 5.68 dan Tabel 5.69.

Tabel 5.59. Volume Galian pada Blok A

No	Jalur Pipa	L pipa (m)	D apply (m)	Kedalaman (m)		Kedalaman Galian (m)		X	Z	Volume Galian (m3)	
				Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II
1	A-1	119,14	0,114	0,81	0,92	1,08	1,19	0,11	119,14	91,70	4,63
2	A-B	112,34	0,114	0,92	0,98	1,19	1,24	0,06	112,35	95,20	2,21
3	B-C	116,72	0,114	0,98	1,17	1,24	1,44	0,20	116,73	103,50	8,18
4	2-3	116,33	0,114	0,81	1,71	1,08	1,97	0,89	116,33	89,54	37,03
5	C-3	142,03	0,114	1,71	0,99	1,97	1,25	-0,72	142,04	199,76	-36,45
6	C-D	173,1	0,165	1,17	1,44	1,49	1,76	0,27	173,11	197,21	17,84
7	D-4	253,53	0,14	0,84	1,29	1,13	1,58	0,45	253,53	212,00	42,65
8	D-E	183,93	0,216	1,44	2,32	1,81	2,69	0,88	183,94	271,63	65,87
9	5-6	90,98	0,114	0,81	1,48	1,08	1,74	0,67	90,99	70,03	21,63
10	6-7	128,07	0,114	0,81	1,77	1,08	2,03	0,95	128,07	98,58	43,59
11	E-6	80,2	0,14	1,77	2,14	2,06	2,43	0,37	80,23	122,15	11,07
12	E-F	127,63	0,216	2,32	2,24	2,69	2,61	-0,08	127,66	279,95	-4,05
13	F-G	163,97	0,267	2,24	2,57	2,66	2,99	0,33	163,99	378,31	23,31
14	F-IPAL	122,34	0,216	2,57	2,60	2,94	2,96	0,02	122,38	293,36	1,20

Lanjutan Volume Galian pada Blok A

No	Jalur Pipa	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume urugan Tanah Galian	volume sisa galian tanah	paving
			m3	m3	m3	m3	m3
1	A-1	96,33	1,22	34,00	61,12	35,22	2,14452
2	A-B	97,41	1,15	32,06	64,20	33,21	2,02212
3	B-C	111,68	1,19	33,31	77,18	34,50	2,10096
4	2-3	126,57	1,19	33,20	92,19	34,39	2,09394
5	C-3	163,31	1,45	40,53	121,33	41,98	2,55654
6	C-D	215,05	3,70	57,87	153,48	61,58	3,1158
7	D-4	254,66	3,90	78,65	172,11	82,55	4,56354
8	D-E	337,50	6,74	70,70	260,05	77,44	3,31074
9	5-6	91,66	0,93	25,96	64,76	26,89	1,63764
10	6-7	142,17	1,31	36,55	104,32	37,86	2,30526
11	E-6	133,22	1,24	24,88	107,11	26,11	1,4436
12	E-F	275,91	4,68	49,06	222,17	53,74	2,29734
13	F-G	401,62	9,18	71,42	321,02	80,61	2,95146
14	F-IPAL	294,56	4,48	47,03	243,04	51,51	2,20212

Tabel 5.60. Volume Galian pada Blok B

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)	
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II
1	A-1	338,17	0,165	0,87	1,61	1,18	1,92	0,74	338,17	305,27	96,07
2	A-B	207,29	0,165	1,61	2,74	1,92	3,06	1,13	207,30	304,91	89,85
3	B-C	294,14	0,165	2,74	2,09	3,06	2,40	-0,65	294,16	687,65	-73,29
4	2-3	253,14	0,14	0,84	1,50	1,13	1,79	0,66	253,14	211,68	61,41
5	C-2	145,4	0,114	1,50	2,04	1,76	2,30	0,54	145,41	182,70	28,03
6	C-IPAL	26	0,216	2,09	2,47	2,46	2,84	0,38	26,12	52,33	4,05

Lanjutan Volume Galian pada Blok B

No	Jalur Pipa	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume urugan Tanah Galian	volume sisa galian tanah	paving
			m3	m3	m3	m3	m3
1	A-1	401,33	7,23	113,06	288,27	113,06	6,087
2	A-B	394,75	4,43	69,30	325,45	69,30	3,731
3	B-C	614,36	6,29	98,34	516,02	98,34	5,295
4	2-3	273,09	3,90	78,52	194,57	78,52	4,557
5	C-2	210,73	1,48	41,49	169,23	41,49	2,617
6	C-IPAL	56,38	0,95	9,99	46,38	9,99	0,468

Tabel 5.61. Volume Galian pada Blok C

No	Jalur Pipa	L pipa	D apply	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)	
		(m)	(m)	Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II
1	A-1	55,47	0,114	0,81	0,99	1,08	1,26	0,18	55,48	42,70	3,56
2	A-2	49,87	0,114	0,81	1,27	1,08	1,53	0,45	49,88	38,39	8,03
3	A-B	95,34	0,114	1,27	1,84	1,53	2,10	0,57	95,35	104,11	19,47
4	B-3	130,75	0,114	0,81	1,45	1,08	1,71	0,63	130,75	100,64	29,48
5	B-4	30,41	0,114	0,81	1,15	1,08	1,41	0,33	30,43	23,42	3,63
6	B-C	70,54	0,114	1,84	2,26	2,10	2,52	0,42	70,57	105,88	10,66
7	C-IPAL	16,05	0,114	2,26	2,20	2,52	2,47	-0,06	16,25	29,29	-0,32

Lanjutan Volume Galian pada Blok C

No	Jalur Pipa	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume urugan Tanah Galian	volume sisa galian tanah	paving
			m3	m3	m3	m3	m3
1	A-1	46,26	0,57	15,83	30,43	15,83	0,99846
2	A-2	46,43	0,51	14,23	32,19	14,23	0,89766
3	A-B	123,58	0,97	27,21	96,37	27,21	1,71612
4	B-3	130,12	1,34	37,31	92,80	37,31	2,3535
5	B-4	27,05	0,31	8,68	18,37	8,68	0,54738
6	B-C	116,54	0,72	20,13	96,41	20,13	1,26972
7	C-IPAL	28,97	0,16	4,58	24,39	4,58	0,2889

Tabel 5.62. Volume Galian pada Blok C

No	Jalur Pipa	L pipa (m)	D apply (m)	Kedalaman		Kedalaman Galian		X	Z	Volume Galian (m3)	
				Awal (h1)	Akhir (h2)	Awal (y1)	Akhir (y2)			I	II
1	A-B	441,76	0,114	0,81	0,81	1,08	1,08	0,00	441,76	340,02	0,00
2	C-D	507,65	0,114	0,81	0,81	1,08	1,08	0,00	507,65	390,74	0,00
3	F-G	531,61	0,114	0,81	1,88	1,08	2,14	1,06	531,61	409,18	201,78
4	H-I	525,28	0,114	0,81	1,56	0,93	1,67	0,75	525,28	348,05	139,81

Lanjutan Volume Galian pada Blok C

No	Jalur Pipa	Volume Galian Total	Volume Pipa	Volume Urugan Pasir	Volume urugan Tanah Galian	volume sisa galian tanah	paving
			m3	m3	m3	m3	m3
1	A-B	340,02	4,51	126,07	213,95	126,07	7,95168
2	C-D	390,74	5,18	144,88	245,86	144,88	9,1377
4	F-G	610,96	5,43	151,71	459,25	151,71	9,56898
5	H-I	487,86	5,36	37,39	450,47	37,39	9,45504

5.9.3. RAB SPAL

Rencana anggaran biaya didasarkan pada HSPK Kota Surabaya tahun 2019. Rencana anggaran biaya untuk masing-masing blok dapat dilihat pada Tabel 5.63, Tabel 5.64, Tabel 5.65, Tabel 5.66.

Tabel 5.63. RAB SPAL Blok A

Pembongkaran paving dipakai kembali					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
tenaga kasar	0,04	orang hari	1,39	Rp 155.000	Rp 215.423
Penggalian Tanah Dengan Alat Berat					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala Tukang	0,007	orang hari	19,19	Rp 180.000	Rp 3.454.491
Pembantu Tukang	0,226	orang hari	619,61	Rp 155.000	Rp 96.040.322
Sewa Dump Truk	0,067	jam	183,69	Rp 70.000	Rp 12.858.382
Sewa Escavator	0,067	jam	183,69	Rp 153.300	Rp 28.159.856
Total Harga					Rp140.513.050
pengurugan pasir					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
kepala tukang	0,01	orang hari	6,35	Rp 180.000	Rp 1.143.404
pembantu tukang	0,3	orang hari	190,57	Rp 155.000	Rp 29.537.937
pasir urug	1,2	m3	762,27	Rp 176.000	Rp134.159.402
Total Harga					Rp164.840.742
Pemasangan Pipa 4 inch					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga

Kepala Tukang	0,0041	orang hari	3,39	Rp 180.000	Rp 609.300
Kepala Tukang	0,0135	orang hari	11,15	Rp 180.000	Rp 2.006.232
Tukang	0,135	orang hari	111,46	Rp 165.000	Rp 18.390.463
Pembantu Tukang	0,081	orang hari	66,87	Rp 155.000	Rp 10.365.534
Pipa PVC	0,3	batang	247,68	Rp 86.300	Rp 21.375.043
Aksesoris Pipa	0,105	batang	86,69	Rp 86.300	Rp 7.481.265
Total Harga					Rp 60.227.837
Pemasangan Pipa 5 inch					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala Tukang	0,0041	orang hari	1,37	Rp 180.000	Rp 246.293
Kepala Tukang	0,0135	orang hari	4,51	Rp 180.000	Rp 810.964
Tukang	0,135	orang hari	45,05	Rp 165.000	Rp 7.433.836
Pembantu Tukang	0,081	orang hari	27,03	Rp 155.000	Rp 4.189.980
Pipa PVC	0,3	batang	100,12	Rp 396.700	Rp 39.717.207
Aksesoris Pipa	0,105	batang	35,04	Rp 395.700	Rp 13.865.981
Total Harga					Rp 66.264.261
Pemasangan Pipa 6 inch					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala Tukang	0,0041	orang hari	0,71	Rp 180.000	Rp 127.748
Kepala Tukang	0,0135	orang hari	2,34	Rp 180.000	Rp 420.633
Tukang	0,135	orang hari	23,37	Rp 165.000	Rp 3.855.803
Pembantu Tukang	0,081	orang hari	14,02	Rp 155.000	Rp 2.173.271

Pipa PVC	0,3	batang	51,93	Rp 574.300	Rp 29.823.399
Aksesoris Pipa	0,105	batang	18,18	Rp 574.300	Rp 10.438.190
Total Harga					Rp 46.839.042
Pemasangan Pipa 8 inch					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala Tukang	0,0041	orang hari	1,78	Rp 180.000	Rp 320.218
Kepala Tukang	0,0135	orang hari	5,86	Rp 180.000	Rp 1.054.377
Tukang	0,135	orang hari	58,58	Rp 165.000	Rp 9.665.123
Pembantu Tukang	0,081	orang hari	35,15	Rp 155.000	Rp 5.447.615
Pipa PVC	0,3	batang	130,17	Rp 594.600	Rp 77.399.082
Aksesoris Pipa	0,105	batang	45,56	Rp 594.600	Rp 27.089.679
Total Harga					Rp120.976.093
Pemasangan Pipa 10 inch					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala Tukang	0,0041	orang hari	0,67	Rp 180.000	Rp 121.010
Kepala Tukang	0,0135	orang hari	2,21	Rp 180.000	Rp 398.447
Tukang	0,135	orang hari	22,14	Rp 165.000	Rp 3.652.432
Pembantu Tukang	0,081	orang hari	13,28	Rp 155.000	Rp 2.058.643
Pipa PVC	0,3	batang	49,19	Rp 953.200	Rp 46.888.861
Aksesoris Pipa	0,105	batang	17,22	Rp 953.200	Rp 16.411.101
Total Harga					Rp 69.530.495
pemasangan paving					

Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
kepala tukang	0,025	orang hari	0,87	Rp 180.000	Rp 156.355
tukang	0,25	orang hari	8,69	Rp 165.000	Rp 1.433.255
pembantu tukang	0,5	orang hari	17,37	Rp 155.000	Rp 2.692.782
semen PC	0,07296	zak	2,54	Rp 68.300	Rp 173.143
pasir pasang	0,01	m3	0,35	Rp 142.300	Rp 49.443
Kapur pasang	0,01	m3	0,35	Rp 99.000	Rp 34.398
Total Harga					Rp 4.539.377
pembuangan sisa tanah					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
pembantu tukang	0,25	orang hari	169,40	Rp 155.000	Rp 26.256.517
sewa dump truk	0,25	jam	169,40	Rp 70.000	Rp 11.857.782
Total Harga					Rp 38.114.299
Pemasangan Manhole					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
galian tanah	0,21	m3	6,09	Rp 243.300	Rp 1.481.697
pekerjaan plat tutup beton	0,077	m3	2,23	Rp3.351.498	Rp 7.483.895
besi siku	11,286	lonjor	327,29	Rp 43.500	Rp 14.237.289
plat besi/baja	21,888	lonjor	634,75	Rp 514.800	Rp326.770.330
pekerjaan fabrikasi dan elektroda	0,2	kg	5,80	Rp 179.520	Rp 1.041.216

Total Harga**Rp351.014.427****Tabel 5.64. Rekapitulasi RAB Blok A**

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Jumlah Harga
1	pembongkaran paving	m3	34,75	Rp 215.423
2	penggalian	m3	2741,66	Rp 140.513.050
3	pengurugan tanah	m3	2064,07	Rp 178.542.199
4	pengurugan pasir	m3	635,22	Rp 164.840.742
5	pasangan pipa PVC 4"	m3	826	Rp 60.227.837
6	pasangan pipa PVC 5"	m3	334	Rp 66.264.261
7	pasangan pipa PVC 6"	m3	173	Rp 46.839.042
8	pasangan pipa PVC 8"	m3	434	Rp 120.976.093
9	pasangan pipa PVC 10"	m3	164	Rp 69.530.495
10	pasangan paving	m3	34,75	Rp 4.539.377
11	pembuangan sisa tanah	m3	42,36	Rp 38.114.299
12	pembuatan manhole	buah	29	Rp 351.014.427
Harga HSPK				Rp 1.241.617.244

Tabel 5.65. Rekapitulasi RAB Blok B

No	uraian kegiatan	satuan	volume	jumlah harga
1	pembongkaran paving	m3	22,75	Rp 141.078
2	penggalian	m3	1950,64	Rp 99.972.653
3	pengurugan tanah	m3	1539,92	Rp 133.203.421
4	pengurugan pasir	m3	410,72	Rp 106.581.864
5	pasangan pipa PVC 4"	m3	145	Rp 10.606.857
6	pasangan pipa PVC 5"	m3	253	Rp 50.262.592
7	pasangan pipa PVC 6"	m3	840	Rp 227.186.944

No	uraian kegiatan	satuan	volume	jumlah harga
8	pasangan pipa PVC 8"	m3	26	Rp 7.249.086
10	pasangan paving	m3	22,75	Rp 2.972.791
11	pengeluaran sisa tanah	m3	24,30	Rp 23.103.005
12	pasangan manhole	buah	17	Rp 205.767.078
Harga HSPK				Rp 867.047.370

Tabel 5.66. Rekapitulasi RAB Blok C

No	uraian kegiatan	satuan	volume	jumlah harga
1	penghapusan paving	m3	8,07	Rp 50.045
2	penggalian	m3	518,95	Rp 26.596.509
3	pengurugan tanah	m3	390,97	Rp 33.818.905
4	pengurugan pasir	m3	127,98	Rp 33.209.547
5	pasangan pipa PVC 4"	m3	448	Rp 32.712.744
10	pasangan paving	m3	8,07	Rp 1.054.542
11	pengeluaran sisa tanah	m3	4,58	Rp 7.198.601
12	pasangan manhole	buah	18	Rp 217.871.023
Harga HSPK				Rp 352.511.916

Tabel 5.67. Rekapitulasi RAB Blok D

No	uraian kegiatan	satuan	volume	jumlah harga
1	penghapusan paving	m3	36,11	Rp 223.903
2	penggalian	m3	1829,57	Rp 93.767.625
3	pengurugan tanah	m3	1369,52	Rp 118.463.502
4	pengurugan pasir	m3	460,05	Rp 119.383.666
5	pasangan pipa PVC 4"	m3	2006	Rp 146.358.582
10	pasangan paving	m3	36,11	Rp 4.718.077
11	pengeluaran sisa tanah	m3	20,49	Rp 25.877.962

No	uraian kegiatan	satuan	volume	jumlah harga
12	pembuatan manhole	buah	19	Rp 229.974.969
Harga HSPK				Rp 738.768.287

5.9.4. BOQ Sumur Pengumpul

Dimensi

Panjang= 2,5 m

Lebar= 1,5 m

H dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 5,5 m

(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar = 0,3 m

Lebar Sepatu lantai = 0,3 m

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

= P x L x h

= (panjang SP + sepatu lantai) x (lebar SP + sepatu lantai) x (tebal tutup + Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur pengumpul + tinggi SP + freeboard + tebal plat dasar + tebal lantai kerja + tebal pasir)

= (2,5+0,3+0,3) x (1,5+0,3+0,3) x (5,5+0,3+0,3+0,3+0,05+0,1)

= 39,38 m³

Pengurangan pasir dengan pemadatan

= P x L x tebal pasir

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal pasir)

= (2,5+0,3+0,3) x (1,5+0,3+0,3) x 0,1 = 0,65 m³

Pekerjaan beton K-225

beton lantai bangunan

= (panjang + sepatu lantai) x (lebar + sepatu lantai) x (tebal lantai kerja + tebal plat dasar)

= (2,5+0,3+0,3) x (1,5+0,3+0,3) x (0,05+0,3) = 2,28 m³

Beton dinding bangunan

= [(panjang x 2) + (lebar x 2)] x tebal dinding x tinggi

$$= [(2,5 \times 2) + (1,5 \times 2)] \times 0,3 \times 5,5$$

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

Beton Tutup bangunan

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tebal tutup} - \text{panjang manhole} \times \text{lebar manhole} \times \text{tebal tutup manhole}$$

$$= 2,5 \times 1,5 \times 0,1 - 1 \times 1 \times 0,1 = 0,375 \text{ m}^3$$

Total volume beton bangunan

$$= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} + \text{beton tutup}$$

$$= 2,28 + 6,6 + 0,375$$

$$= 9,25 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembersihan dengan besi beton

$$= \text{volume beton total} \times 110 \text{ kg/m}^3$$

$$= 9,25 \times 110 = 1017,89 \text{ kg}$$

Pekerjaan Bekisting

Bekisting Tutup

$$= (\text{panjang} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{lebar} + (2 \times \text{tebal dinding}))$$

$$= (2,5 + (2 \times 0,15)) \times (1,5 + (2 \times 0,15)) = 5,04 \text{ m}^2$$

Bekisting dinding

$$= (2 \times \text{panjang} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{kedalaman} + (2 \times \text{tebal dinding})) + (2 \times \text{lebar} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{kedalaman} + (2 \times \text{tebal dinding}))$$

$$= (2 \times (2,5 + (2 \times 0,15))) \times (5,5 + (2 \times 0,15)) + (2 \times (1,5 + (2 \times 0,15))) \times (5,5 + (2 \times 0,15)) = 53,36 \text{ m}^2$$

5.9.5. BOQ Bak Pengendap dan ABF

Dimensi

Panjang = 18,5 m

Lebar = 5,5 m

H dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 3,5 m
(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar = 0,3 m

Lebar Sepatu lantai = 0,3 m

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$\begin{aligned} &= P \times L \times h \\ &= (\text{panjang SP} + \text{sepatu lantai}) \times (\text{lebar SP} + \text{sepatu lantai}) \times \\ &(\text{tebal tutup} + \text{Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur} \\ &\text{pengumpul} + \text{tinggi SP} + \text{freeboard} + \text{tebal plat dasar} + \text{tebal} \\ &\text{lantai kerja} + \text{tebal pasir}) \\ &= (18,5+0,3+0,3) \times (5,5+0,3+0,3) \times (3,5+0,3+0,3+0,05+0,1) \\ &= 471,87 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pengurugan pasir dengan pemadatan

$$\begin{aligned} &= P \times L \times \text{tebal pasir} \\ &= (\text{panjang} + \text{tebal dinding}) \times (\text{lebar} + \text{tebal dinding}) \times (\text{tebal} \\ &\text{pasir}) \\ &= (18,5+0,15+0,15) \times (5,5+0,15+0,15) \times 0,1 = 10,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pekerjaan beton K-225 beton lantai bangunan

$$\begin{aligned} &= (\text{panjang} + \text{tebal dinding}) \times (\text{lebar} + \text{tebal dinding}) \times \text{tebal} \\ &\text{lantai} \\ &= (18,5+0,15+0,15) \times (5,5+0,15+0,15) \times 0,15 = 16,36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Beton dinding bangunan

$$\begin{aligned} &= 2 \times (\text{panjang} \times \text{kedalaman} \times \text{tebal dinding}) + 2 \times (\text{lebar} \times \\ &\text{kedalaman} \times \text{tebal dinding}) \\ &= 2 \times (18,5 \times 3,5 \times 0,15) + 2 \times (5,5 \times 3,5 \times 0,15) \\ &= 25,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Beton Tutup bangunan

$$\begin{aligned} &= (\text{panjang} + \text{tebal dinding}) \times (\text{lebar} + \text{tebal dinding}) \times \text{tebal} \\ &\text{lantai} - (\text{panjang manhole} \times \text{lebar manhole} \times \text{tebal manhole}) \\ &= (18,5+0,15+0,15) \times (5,5+0,15+0,15) \times 0,15 - 1 \times 1 \times 0,5 \\ &= 16,256 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Beton Kompartemen

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah kompartemen} \times (\text{tebal} \times \text{tinggi} \times \text{lebar}) - (\text{jumlah pipa} \\ &\times 3,14/4 \times D^2 \times \text{tebal dinding}) \\ &= 1 \times (0,15 \times 3,5 \times 5,5) - (4 \times 3,14/4 \times 0,114^2 \times 0,15) = 2,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Total volume beton bangunan

$$\begin{aligned}
&= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} + \text{beton tutup} + \text{beton} \\
&\text{kompertemen} \\
&= 16,36 + 25,2 + 16,256 + 2,88 \\
&= 60,79 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton

$$\begin{aligned}
&= \text{volume beton total} \times 110 \text{ kg/m}^3 \\
&= 60,79 \times 110 = 6676,27 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Pekerjaan Bekisting

Bekisting Tutup

$$\begin{aligned}
&= (\text{panjang} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{lebar} + (2 \times \text{tebal dinding})) \\
&= (18,5 + (2 \times 0,15)) \times (5,5 + (2 \times 0,15)) = 109,04 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Bekisting dinding

$$\begin{aligned}
&= (2 \times \text{panjang} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{kedalaman} + (2 \times \text{tebal} \\
&\text{dinding})) + (2 \times \text{lebar} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{kedalaman} + (2 \times \\
&\text{tebal dinding})) \\
&= (2 \times (18,5 + (2 \times 0,15))) \times (3,5 + (2 \times 0,15)) + (2 \times (5,5 + (2 \times 0,15))) \times \\
&(3,5 + (2 \times 0,15)) = 186,96 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Bekisting Kompartemen

$$\begin{aligned}
&= \text{panjang} \times \text{lebar} \\
&= 18,5 \times 5,5 = 19,25 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

5.9.6. BOQ Clarifier

Penggalian tanah

$$\begin{aligned}
\text{Vgalian tanah total} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{\text{clarifier}} + 2 \times \text{tb})^2 \times (H + \text{tb}) \\
&= \frac{1}{4} \times \pi \times (6 + 2 \times 0,2)^2 \times (3,1 + 0,4) \\
&= 113,72 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Menentukan volume beton

$$\begin{aligned}
\text{Vgalian tanah tanpa beton} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_{\text{clarifier}}^2 \times H \\
&= \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 \times 3,5 \\
&= 98,91 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Vbeton} &= \text{Vgalian tanah total} - \text{Vgalian tanah tanpa beton} \\
&= 113,72 \text{ m}^3 - 98,91 \text{ m}^3 = 14,81 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton

$$= \text{volume beton total} \times 110 \text{ kg/m}^3$$

$$=14,81 \times 110 = 1629,29 \text{ kg}$$

5.9.7. BOQ Bak Pelarut

Dimensi

Panjang= 1,1 m

Lebar= 1,1 m

H dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 1,5 m
(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar = 0,3 m

Lebar Sepatu lantai = 0,3 m

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

$$= P \times L \times h$$

= (panjang SP + sepatu lantai) x (lebar SP + sepatu lantai) x
(tebal tutup + Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur
pengumpul + tinggi SP + freeboard + tebal plat dasar + tebal
lantai kerja + tebal pasir)

$$=(1,1+0,3+0,3) \times (1,1+0,3+0,3) \times (1,5+0,3+0,3+0,3+0,05+0,1) \\ = 5,92 \text{ m}^3$$

Pengurangan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

= (panjang + tebal dinding) x (lebar + tebal dinding) x (tebal
pasir)

$$= (1,1+0,15+0,15) \times (1,1+0,15+0,15) \times 0,1 = 1,96 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225

beton lantai bangunan

= (panjang + tebal dinding) x (lebar + tebal dinding) x tebal
lantai

$$= (1,1+0,15+0,15) \times (1,1+0,15+0,15) \times 0,15 = 0,29 \text{ m}^3$$

Beton dinding bangunan

= 2 x (panjang x kedalaman x tebal dinding) + 2 x (lebar x
kedalaman x tebal dinding)

$$= 2 \times (1,1 \times 1,5 \times 0,15) + 2 \times (1,1 \times 1,5 \times 0,15)$$

$$= 0,99 \text{ m}^3$$

Beton Tutup bangunan

= (panjang + tebal dinding) x (lebar + tebal dinding) x tebal lantai

$$= (1,1+0,15+0,15) \times (1,1+0,15+0,15) \times 0,15 = 0,29 \text{ m}^3$$

Total volume beton bangunan

= beton lantai + beton dinding + beton tutup +

$$= 0,29 + 0,99 + 0,29$$

$$= 1,58 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton

= volume beton total x 110 kg/m³

$$= 1,58 \times 110 = 162,58 \text{ kg}$$

Pekerjaan Bekisting**Bekisting Tutup**

=(panjang + (2 x tebal dinding)) x (lebar +(2 x tebal dinding))

$$=(1,1+(2 \times 0,15)) \times (1,1+(2 \times 0,15)) = 1,96 \text{ m}^2$$

Bekisting dinding

=(2 x panjang + (2 x tebal dinding)) x (kedalaman +(2 x tebal dinding)) + (2 x lebar + (2 x tebal dinding)) x (kedalaman +(2 x tebal dinding))

$$= (2 \times (1,1+(2 \times 0,15))) \times (1,5+(2 \times 0,15)) + (2 \times (1,1+(2 \times 0,15))) \times (1,5+(2 \times 0,15)) = 10,08 \text{ m}^2$$

5.9.8. BOQ Bak Desinfeksi

Dimensi

Panjang= 9 m

Lebar= 4,5 m

H dari muka tanah ke muka sumur pengumpul = 1,5 m

(Bangunan digali tepat dimuka tanah)

Tebal plat dasar = 0,3 m

Lebar Sepatu lantai = 0,3 m

Tebal lantai kerja = 5 cm

Tebal pasir = 0,1 m

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi

= P x L x h

= (panjang SP + sepatu lantai) x (lebar SP + sepatu lantai) x

(tebal tutup + Kedalaman dari muka tanah ke muka sumur pengumpul + tinggi SP + freeboard + tebal plat dasar + tebal lantai kerja + tebal pasir)

$$= (9+0,3+0,3) \times (4,5+0,3+0,3) \times (1,5+0,3+0,3+0,3+0,05+0,1)$$

$$= 100,37 \text{ m}^3$$

Pengurangan pasir dengan pemadatan

$$= P \times L \times \text{tebal pasir}$$

$$= (\text{panjang} + \text{tebal dinding}) \times (\text{lebar} + \text{tebal dinding}) \times (\text{tebal pasir})$$

$$= (9+0,15+0,15) \times (4,5+0,15+0,15) \times 0,1 = 44,64 \text{ m}^3$$

Pekerjaan beton K-225 beton lantai bangunan

$$= (\text{panjang} + \text{tebal dinding}) \times (\text{lebar} + \text{tebal dinding}) \times \text{tebal lantai}$$

$$= (9+0,15+0,15) \times (4,5+0,15+0,15) \times 0,15 = 6,7 \text{ m}^3$$

Beton dinding bangunan

$$= 2 \times (\text{panjang} \times \text{kedalaman} \times \text{tebal dinding}) + 2 \times (\text{lebar} \times \text{kedalaman} \times \text{tebal dinding})$$

$$= 2 \times (9 \times 1,5 \times 0,15) + 2 \times (4,5 \times 1,5 \times 0,15)$$

$$= 6,07 \text{ m}^3$$

Beton Tutup bangunan

$$= (\text{panjang} + \text{tebal dinding}) \times (\text{lebar} + \text{tebal dinding}) \times \text{tebal lantai} - (\text{panjang manhole} \times \text{lebar manhole} \times \text{tebal manhole})$$

$$= (9+0,15+0,15) \times (4,5+0,15+0,15) \times 0,15 - 1 \times 1 \times 0,1$$

$$= 6,596 \text{ m}^3$$

Beton Kompartemen

$$= \text{Jumlah kompartemen} \times (\text{tebal} \times \text{tinggi} \times \text{lebar}) - (\text{jumlah pipa} \times 3,14/4 \times D^2 \times \text{tebal dinding})$$

$$= 20 \times (0,15 \times 1,5 \times 4,5) = 14,4 \text{ m}^3$$

Total volume beton bangunan

$$= \text{beton lantai} + \text{beton dinding} + \text{beton tutup} + \text{beton kompartemen}$$

$$= 6,07 + 6,7 + 6,596 + 14,4$$

$$= 33,87 \text{ m}^3$$

Pekerjaan pembesian dengan besi beton

$$= \text{volume beton total} \times 110 \text{ kg/m}^3$$
$$= 33,87 \times 110 = 3714,37 \text{ kg}$$

Pekerjaan Bekisting

Bekisting Tutup

$$= (\text{panjang} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{lebar} + (2 \times \text{tebal dinding}))$$
$$= (9 + (2 \times 0,15)) \times (4,5 + (2 \times 0,15)) = 44,64 \text{ m}^2$$

Bekisting dinding

$$= (2 \times \text{panjang} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{kedalaman} + (2 \times \text{tebal dinding})) + (2 \times \text{lebar} + (2 \times \text{tebal dinding})) \times (\text{kedalaman} + (2 \times \text{tebal dinding}))$$
$$= (2 \times (9 + (2 \times 0,15))) \times (1,5 + (2 \times 0,15)) + (2 \times (4,5 + (2 \times 0,15))) \times (1,5 + (2 \times 0,15)) = 50,76 \text{ m}^2$$

Bekisting Kompartemen

$$= \text{panjang} \times \text{lebar}$$
$$= 20 \times 18,5 \times 5,5 = 135 \text{ m}^2$$

5.9.9. RAB IPAL

RAB IPAL dihitung berdasarkan HSPK Kota Surabaya 2019.

Tabel 5.68. RAB Sumur Pengumpul IPAL A

Penggalian Tanah Dengan Alat Berat					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala Tukang	0,007	orang hari	0,27	Rp 180.000	Rp 49.626
Pembantu Tukang	0,226	orang hari	8,90	Rp 155.000	Rp 1.379.674
Sewa Dump Truk	0,067	jam	2,63	Rp 70.000	Rp 184.718

Sewa Escavator	0,067	jam	2,6388285	Rp 153.300	Rp 404.532
Harga HSPK					Rp 2.018.550
pengurangan pasir					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
kepala tukang	0,01	orang hari	0,00651	Rp 180.000	Rp 1.172
pembantu tukang	0,3	orang hari	0,1953	Rp 155.000	Rp 30.272
pasir urug	1,2	m3	0,7812	Rp 176.000	Rp 137.491
Harga HSPK					Rp 168.935
pembuatan bouwplank/titik					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala tukang	0,01	orang hari	0,04	Rp 180.000	Rp 7.200
kepala tukang	0,0045	orang hari	0,018	Rp 180.000	Rp 3.240
tukang	0,1	orang hari	0,4	Rp 165.000	Rp 66.000
pembantu tukang	0,1	orang hari	0,4	Rp 155.000	Rp 62.000
paku	0,05	doz	0,2	Rp 29.100	Rp 5.820
kayu meranti	0,012	m3	0,048	Rp 4.347.000	Rp 208.656

kayu meranti bekisting	0,008	m3	0,032	Rp 4.347.000	Rp 139.104
Harga HSPK					Rp 492.020
pembuatan bekisting dinding					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
kepala tukang	0,033	orang hari	1,76088	Rp 180.000	Rp 316.958
tukang	0,33	orang hari	17,6088	Rp 165.000	Rp 2.905.452
pembantu tukang	0,66	orang hari	35,2176	Rp 155.000	Rp 5.458.728
paku usuk	0,4	kg	21,344	Rp 14.800	Rp 315.891
plywood	0,35	lembar	18,676	Rp 105.000	Rp 1.960.980
Kayu meranti bekisting	0,03	m3	1,6008	Rp33.622.500	Rp 53.822.898
kayu meranti balok	0,02	m3	1,0672	Rp 4.968.000	Rp 5.301.850
minyak bekisting	0,2	liter	10,672	Rp 30.100	Rp 321.227
Harga HSPK					Rp 70.403.984
pembuatan bekisting lantai					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga

kepala tukang	0,033	orang hari	0,16632	Rp 180.000	Rp 29.938
tukang	0,33	orang hari	1,6632	Rp 165.000	Rp 274.428
pembantu tukang	0,66	orang hari	3,3264	Rp 155.000	Rp 515.592
paku usuk	0,4	kg	2,016	Rp 14.800	Rp 29.837
plywood	0,35	lembar	1,764	Rp 105.000	Rp 185.220
Kayu meranti bekisting	0,03	m3	0,1512	Rp33.622.500	Rp 5.083.722
kayu meranti balok	0,02	m3	0,1008	Rp 4.968.000	Rp 500.774
minyak bekisting	0,2	liter	1,008	Rp 30.100	Rp 30.341
Harga HSPK					Rp 6.649.852
pengangkutan tanah keluar proyek					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
pembantu tukang	0,25	orang hari	9,846375	Rp 155.000	Rp 1.526.188
sewa dump truk	0,25	jam	9,846375	Rp 70.000	Rp 689.246
Harga HSPK					Rp 2.215.434
pekerjaan beton K225					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga

kepala tukang	0,028	orang hari	0,259098	Rp 180.000	Rp 46.638
tukang	0,275	orang hari	2,5447125	Rp 165.000	Rp 419.878
pembantu tukang	1,65	orang hari	15,268275	Rp 155.000	Rp 2.366.583
semen	9,275	zak	85,826213	Rp 63.000	Rp 5.407.051
pasir cor	0,43625	m3	4,0368394	Rp 265.300	Rp 1.070.973
batu pecah mesin	0,551053	m3	5,0991689	Rp 243.300	Rp 1.240.628
biaya air	215	liter	1989,5025	Rp 6	Rp 11.937
Harga HSPK					Rp 10.563.688
pekerjaan pasangan batu kali belah 15/20 cm					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala tukang	0,06	orang hari	0,13671	Rp 180.000	Rp 24.608
kepala tukang	0,075	orang hari	0,1708875	Rp 180.000	Rp 30.760
tukang	0,6	orang hari	1,3671	Rp 165.000	Rp 225.572
pembantu tukang	1,5	orang hari	3,41775	Rp 155.000	Rp 529.751
semen	3,12	zak	7,10892	Rp 68.300	Rp 485.539
pasir pasang	0,584	m3	1,330644	Rp 142.300	Rp 189.351
batu kali belah	1,1	m3	2,50635	Rp 451.000	Rp 1.130.364

kapur pasang	0,032	m3	0,072912	Rp 99.000	Rp 7.218
Harga HSPK					Rp 2.623.162
pemasangan pipa air kotor 4"					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Kepala Tukang	0,0041	orang hari	0,03485	Rp 180.000	Rp 6.273
Kepala Tukang	0,0135	orang hari	0,11475	Rp 180.000	Rp 20.655
Tukang	0,135	orang hari	1,1475	Rp 165.000	Rp 189.338
Pembantu Tukang	0,081	orang hari	0,6885	Rp 155.000	Rp 106.718
Pipa PVC	0,3	batang	2,55	Rp 86.300	Rp 220.065
Aksesoris Pipa	0,105	batang	0,8925	Rp 86.300	Rp 77.023
Harga HSPK					Rp 620.071
pengadaan pompa					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
pemasangan pompa	1		2	Rp39.500.000	Rp 79.000.000
pengadaan barscreen					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah Harga
pemasangan barscreen	1		1	Rp15.000.000	Rp 15.000.000

Pembesian dengan besi beton					
Uraian Kegiatan	Koefisien	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Harga
Kepala Tukang	0,0007	orang hari	0,713	Rp 180.000	Rp 128.254
Kepala Tukang	0,007	orang hari	7,125	Rp 180.000	Rp 1.282.535
Tukang	0,007	orang hari	7,125	Rp 165.000	Rp 1.175.657
Besi beton polos	1,05	kg	1068,779	Rp 13.500	Rp 14.428.520
kawat beton	0,015	kg	15,268	Rp 25.900	Rp 395.448
Total					Rp 17.410.414
Harga HSPK					Rp 207.166.110

Tabel 5.69. RAB Bak Pengendap dan ABF

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume Pekerjaan	harga satuan	Jumlah Harga
Penggalian Tanah Dengan Alat Berat	m3	471,87	Rp51.251	Rp 24.183.626
pengurangan pasir	m3	10,90	Rp51.251	Rp 2.829.588
pembuatan bouwplank/titik	titik	6,00	Rp117.209	Rp 738.030
pembuatan bekisting dinding	m2	186,96	Rp419.415	Rp 272.076.567
pembuatan bekisting Atap	m2	109,04	Rp430.800	Rp 143.737.070
pengangkutan tanah keluar proyek	m3	471,87	Rp56.250	Rp 26.542.434
pekerjaan beton K225	m3	60,69	Rp1.141.588	Rp 69.286.852
Pembesian dengan besi	kg	6676,27	Rp16.929	Rp 114.194.289

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume Pekerjaan	harga satuan	Jumlah Harga
beton				
pekerjaan pemasangan batu kali belah 15/20 cm	m3	10,90	Rp1.269.398	Rp 18.830.126
pemasangan media sarang tawon	m3	132,00	Rp146.000	Rp 214.133.333
pemasangan diffuser	buah	75,00	Rp140.000	Rp 10.500.000
pemasangan blower	buah	1,00	Rp24.987.000	Rp 24.987.000
Total Harga				Rp 3.688.155.666

Tabel 5.70. RAB Clarifier

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume Pekerjaan	harga satuan	Jumlah Harga
Penggalian Tanah Dengan Alat Berat	m3	113,72	Rp51.251	Rp 5.828.366
pembuatan bouwplank/titik	titik	4	Rp117.209	Rp 492.020
pengangkutan tanah keluar proyek	m3	113,72	Rp56.250	Rp 6.396.850
pekerjaan beton K225	m3	14,81	Rp1.141.588	Rp 16.908.946
Pembesian dengan besi beton	kg	1629,29	Rp16.929	Rp 27.868.276
Pemasangan scrapper	buah	1,00	Rp15.000.000	Rp 15.000.000
Total Harga				Rp 289.977.832

Tabel 5.71. RAB Bak Pelarut

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume Pekerjaan	harga satuan	Jumlah Harga
Penggalian Tanah Dengan Alat Berat	m3	5,9245	Rp51.251	Rp 303.637
pengurangan pasir	m3	1,96	Rp51.251	Rp 508.620
pembuatan bouwplank/titik	titik	4	Rp117.209	Rp 492.020
pembuatan bekisting dinding	m2	10,08	Rp419.415	Rp 13.299.703
pembuatan bekisting lantai	m2	1,96	Rp430.800	Rp 2.585.459
pengangkutan tanah keluar proyek	m3	5,9245	Rp56.250	Rp 333.253
pekerjaan beton K225	m3	1,478	Rp1.141.588	Rp 1.687.268
Pembesian dengan besi beton	kg	162,58	Rp16.929	Rp 2.780.850
pekerjaan pasangan batu kali belah 15/20 cm	m3	1,96	Rp1.269.398	Rp 338.473
Total Harga				Rp 22.329.283

Tabel 5.72. RAB Bak Desinfeksi

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume Pekerjaan	harga satuan	Jumlah Harga
Penggalian Tanah Dengan Alat Berat	m3	100,368	Rp51.251	Rp 5.143.970
pengurangan pasir	m3	44,64	Rp51.251	Rp 11.584.080
pembuatan bouwplank/titik	titik	4	Rp117.209	Rp 492.020
pembuatan bekisting	m2	50,76	Rp419.415	Rp 245.094.530

dinding				
pembuatan bekisting lantai	m2	44,64	Rp430.800	Rp 58.898.092
pengangkutan tanah keluar proyek	m3	100,368	Rp56.250	Rp 5.645.700
pekerjaan beton K225	m3	33,767	Rp1.141.588	Rp 38.548.013
Pembesian dengan besi beton	kg	3714,37	Rp16.929	Rp 63.532.442
pekerjaan pasangan batu kali belah 15/20 cm	m3	44,64	Rp1.269.398	Rp 7.708.885
Total Harga				Rp 436.647.732

Tabel 5.73. Rekapitulasi RAB IPAL Masing-masing Blok

Unit	IPAL A	IPAL B	IPAL C	IPAL D
Sumur Pengumpul	Rp 207.166.110	Rp 190.356.953	Rp 140.738.126	Rp 273.722.150
Bak Pengendap dan ABF	Rp 3.688.155.666	Rp 2.932.543.606	Rp 822.939.283	Rp 1.045.208.570
Clarifier	Rp 289.977.832	Rp 372.506.155	Rp 59.808.672	Rp -
Bak Pelarut	Rp 22.329.283	Rp 24.416.622	Rp 13.047.638	Rp -
Bak Desinfeksi	Rp 436.647.732	Rp 179.426.017	Rp 138.749.041	Rp -
Total	Rp 4.644.276.622	Rp 3.699.249.352	Rp 1.175.282.761	Rp 1.318.930.721

Tabel 5.74. Rekapitulasi RAB SPAL dan IPAL Masing-masing Blok

Nama Blok	SPAL	IPAL	Total
Blok A	Rp 1.241.617.244	Rp 4.644.276.622	Rp 5.885.893.867
Blok B	Rp 867.047.370	Rp 3.699.249.352	Rp 4.566.296.722
Blok C	Rp 352.511.916	Rp 1.175.282.761	Rp 1.527.794.676
Blok D	Rp 738.768.287	Rp 1.318.930.721	Rp 2.057.699.007

5.9.10. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan meliputi biaya kebutuhan listrik untuk pompa, blower, kebutuhan kaporit, air, biaya perawatan pipa SPAL dan IPAL dan lain sebagainya. Biaya operasional dan pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5.75. Biaya Operasional IPAL A

kebutuhan	Keterangan	satuan	harga satuan	harga satu hari	harga satu bulan	harga setiap tahun
Pompa Sumur Pengumpul	3,7	kW	Rp 1.352	Rp 120.058	Rp 3.601.728	Rp 43.220.736
Blower	6,3	kW	Rp 1.352	Rp 204.422	Rp 6.132.672	Rp 73.592.064
Kaporit	9,8	kg	Rp 43.000	Rp 422.132	Rp 12.663.950	Rp 151.967.398
Air Pelarut	1,1	m3	Rp 6.000	Rp 6.781	Rp 203.418	Rp 2.441.012
Total				Rp 753.392	Rp 22.601.768	Rp 271.221.211

Tabel 5.76. Biaya Pemeliharaan IPAL A

Kebutuhan	tiap bulan	tiap tahun
inspeksi pipa tiap bulan	Rp 50.000	Rp 600.000
pengurasan setiap 2 tahun	Rp 25.000	Rp 300.000
pengurasan filter sarang tawon (6 bulan sekali @100.000)	Rp 16.667	Rp 200.000
pengecekan ipal	Rp 100.000	Rp 1.200.000
Total	Rp 191.667	Rp 2.300.000
Total Biaya O&M	Rp 22.793.434	Rp 273.521.211

Tabel 5.77. Biaya Operasional IPAL B

kebutuhan	Keterangan	satuan	harga satuan	harga satu hari	harga satu bulan	harga setiap tahun
Pompa Sumur Pengumpul	2,2	kW	Rp 1.352	Rp 71.386	Rp 2.141.568	Rp 25.698.816
Blower	5,5	kW	Rp 1.352	Rp 178.464	Rp 5.353.920	Rp 64.247.040
Kaporit	6,4	kg	Rp 43.000	Rp 274.489	Rp 8.234.682	Rp 98.816.190
Air Pelarut	0,7	m3	Rp 6.000	Rp 4.409	Rp 132.272	Rp 1.587.258
Total				Rp 528.748	Rp 15.862.442	Rp 190.349.304

Tabel 5.78. Biaya Pemeliharaan IPAL B

Kebutuhan	tiap bulan	tiap tahun
inspeksi pipa tiap bulan	Rp 50.000	Rp 600.000
pengurusan setiap 2 tahun	Rp 25.000	Rp 300.000
pengurusan filter sarang tawon (6 bulan sekali @100.000)	Rp 16.667	Rp 200.000
pengecekan ipal	Rp 100.000	Rp 1.200.000
Total	Rp 191.667	Rp 2.300.000
Total Biaya O&M	Rp 16.054.109	Rp 192.649.304

Tabel 5.79. Biaya Operasional IPAL C

Kebutuhan	Kebutuhan	Harga Satuan	Harga Satu Hari	Harga Satu Bulan	Harga Setiap Tahun
Pompa Sumur Pengumpul	0,75	Rp 1.352	Rp 24.336	Rp 730.080	Rp 8.760.960
Blower	2,6	Rp 1.352	Rp 84.365	Rp 2.530.944	Rp 30.371.328
Kaporit	1,6	Rp 43.000	Rp 68.785	Rp 2.063.554	Rp 24.762.645
Air Pelarut	0,2	Rp 6.000	Rp 1.105	Rp 33.146	Rp 397.756
Total			Rp 178.591	Rp 5.357.724	Rp 64.292.688

Tabel 5.80. Biaya Pemeliharaan IPAL C

Kebutuhan	Tiap Bulan	Tiap Tahun
inspeksi pipa tiap bulan	Rp 50.000	Rp 600.000
pengurusan setiap 2 tahun	Rp 25.000	Rp 300.000
pengurusan filter sarang tawon (6 bulan sekali @100.000)	Rp 16.667	Rp 200.000
pengecekan ipal	Rp 100.000	Rp 1.200.000
Total	Rp 191.667	Rp 2.300.000
Total Biaya O&M	Rp 5.549.391	Rp 66.592.688

Tabel 5.81. Biaya Operasional IPAL D

Kebutuhan Listrik	Kebutuhan	Harga Satuan	Harga Satu Hari	Harga Satu Bulan	Harga Setiap Tahun
Pompa Sumur Pengumpul	0,75	Rp 1.352	Rp 24.336	Rp 730.080	Rp 8.760.960
Blower	0,18	Rp 1.352	Rp 5.841	Rp 175.219	Rp 2.102.630
Total			Rp 30.177	Rp 905.299	Rp 10.863.590

Tabel 5.82. Biaya Pemeliharaan IPAL D

Kebutuhan	tiap bulan	tiap tahun
inspeksi pipa tiap bulan	Rp 50.000	Rp 600.000
pengurasan setiap 2 tahun	Rp 50.000	Rp 600.000
pengurasan filter sarang tawon (6 bulan sekali @100.000)	Rp 25.000	Rp 300.000
pengecekan ipal	Rp 16.667	Rp 200.000
Total	Rp 100.000	Rp 1.200.000
Total Biaya O&M	Rp 191.667	Rp 2.300.000

5.10. Analisis Kelayakan Finansial

Kelayakan proyek yang digunakan dalam perencanaan ini adalah Net Present Value (NPV). Nilai NPV diperoleh dari total perhitungan manfaat bersih selama periode umur proyek yang didiskonkan dengan suku bunga bank Indonesia sebesar 6% pada tahun 2019. Pada perencanaan ini digunakan dana APBD Pemerintah Kota Surabaya dan iuran warga sebesar Rp 10.000 tiap bulan. Analisis Kelayakan Finansial masing-masing IPAL dapat dilihat pada Tabel 5.83 hingga Tabel 5.86.

5.11. Standar Operasional Prosedur

Pengoperasian direncanakan untuk dapat beroperasi dengan kontinu selama 24 jam. Kegiatan pengoperasian dan pemeliharaan dilaksanakan untuk menjamin kelangsungan fungsi pelayanan sesuai perencanaan sehingga air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan sesuai dengan baku mutu air limbah domestik.

5.11.1. Sistem Penyaluran Air Limbah Pengoperasian

1. Pengoperasian jaringan pipa retikulasi dan pipa induk air limbah domestik.

Pengoperasian jaringan pipa pengumpulan air limbah domestik yang harus diperhatikan yaitu kondisi pengaliran air limbah domestik. Ketersediaan air penggelontor kecil menyebabkan transportasi tinja dalam pipa tidak dapat berlangsung baik, melainkan sebagian mengendap, tertinggal dan melekat pada dasar saluran. Hal yang perlu diperhatikan dalam mengoperasikan pengaliran dalam pipa ini sebagai berikut:

- a. Menjaga agar kotoran dari luar tidak masuk ke dalam pipa dengan membuat saringan pada setiap inlet pemasukan pipa, contohnya pada inlet pengenceran air hujan dan bak kontrol akhir;
- c. Pembersihan saluran diintensifkan, terutama pembilasan air dari terminal *clean out* dan penggelontor dilaksanakan sesuai jadwal.
- d. Metode dan jenis pemeliharaan perlu ditentukan sesuai dengan kondisi prasarana dan sarana pada Sub-sistem Pengumpulan yang telah dibangun.
- e. Kegiatan pemeliharaan pipa pengumpulan dilaksanakan secara rutin dan terjadwal.

Tabel 5.83. Analisis Kelayakan IPAL Blok A

Periode	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3	4	5
INFLOW						
APBD Pemerintah		Rp -	Rp 200.000.000	Rp 210.000.000	Rp 220.500.000	Rp 231.525.000
Iuran Warga			Rp 6.000	Rp 6.000	Rp 7.000	Rp 7.000
iuran warga			Rp 20.207.331	Rp 21.054.490	Rp 25.551.924	Rp 26.540.277
total inflow	Rp -	Rp -	Rp 220.207.331	Rp 231.054.490	Rp 246.051.924	Rp 258.065.277
OUTFLOW						
biaya konstruksi	Rp 2.942.946.933	Rp 2.942.946.933				
biaya operasional dan pemeliharaan			Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211
total outflow	Rp 2.942.946.933	Rp 2.942.946.933	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211
Single Payment Present Worth Factor (P/F , i % , N)	1	0,943396226	0,88999644	0,839619283	0,792093663	0,747258173
NPV Pendapatan (NPV in)	-	-	195.983.741	193.997.805	194.896.170	192.841.387
NPV Pengeluaran (NPV out)	(2.942.946.933)	(2.776.365.031)	(243.432.904)	(229.653.683)	(216.654.418)	(204.390.960)

Lanjutan Analisis Kelayakan IPAL Blok A

Periode	2026	2027	2028	2029	2030
	6	7	8	9	10
INFLOW					
APBD Pemerintah	Rp 243.101.250	Rp 255.256.313	Rp 268.019.128	Rp 281.420.085	Rp 295.491.089
Iuran Warga	Rp 8.000	Rp 8.000	Rp 9.000	Rp 10.000	Rp 10.000
iuran warga	Rp 31.461.290	Rp 32.590.836	Rp 37.935.429	Rp 43.562.409	Rp 44.974.341
total inflow	Rp 274.562.540	Rp 287.847.149	Rp 305.954.557	Rp 324.982.494	Rp 340.465.430
OUTFLOW					
biaya konstruksi					
biaya operasional dan pemeliharaan	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211
total outflow	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211	Rp 273.521.211
Single Payment Present Worth Factor ($P/F, i\%, N$)	0,70496054	0,665057114	0,627412371	0,591898464	0,558394777
NPV Pendapatan (NPV in)	193.555.757	191.434.794	191.959.674	192.356.639	190.114.118
NPV Pengeluaran (NPV out)	(192.821.660)	(181.907.227)	(171.610.591)	(161.896.784)	(152.732.815)
Total NPV in	1.737.140.085				
Total NPV out	(7.474.413.008)				
NPV	(5.737.272.923)				

Tabel 5.84. Analisis Kelayakan IPAL Blok B

Periode	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3	4	5
INFLOW						
APBD Pemerintah		Rp -	Rp 200.000.000	Rp 210.000.000	Rp 220.500.000	Rp 231.525.000
luran Warga			Rp 6.000	Rp 6.000	Rp 7.000	Rp 7.000
iuran warga			Rp 12.566.432	Rp 13.169.050	Rp 16.066.947	Rp 16.770.002
total inflow	Rp -	Rp -	Rp 212.566.432	Rp 223.169.050	Rp 236.566.947	Rp 248.295.002
OUTFLOW						
biaya konstruksi	Rp 2.283.148.361	Rp 2.283.148.361				
biaya operasional dan pemeliharaan			Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304
total outflow	Rp 2.283.148.361	Rp 2.283.148.361	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304
Single Payment Present Worth Factor (P/F , i % , N)	1	0,943396226	0,88999644	0,839619283	0,792093663	0,747258173
NPV Pendapatan (NPV in)	-	-	189.183.368	187.377.038	187.383.179	185.540.469
NPV Pengeluaran (NPV out)	(2.283.148.361)	(2.153.913.548)	(171.457.195)	(161.752.071)	(152.596.293)	(143.958.767)

Lanjutan Analisis Kelayakan IPAL Blok B

Periode	2026	2027	2028	2029	2030
	6	7	8	9	10
INFLOW					
APBD Pemerintah	Rp 243.101.250	Rp 255.256.313	Rp 268.019.128	Rp 281.420.085	Rp 295.491.089
Iuran Warga	Rp 8.000	Rp 8.000	Rp 9.000	Rp 10.000	Rp 10.000
iuran warga	Rp 20.772.698	Rp 21.576.190	Rp 25.177.141	Rp 28.978.965	Rp 29.983.329
total inflow	Rp 263.873.948	Rp 276.832.502	Rp 293.196.269	Rp 310.399.050	Rp 325.474.418
OUTFLOW					
biaya konstruksi					
biaya operasional dan pemeliharaan	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304
total outflow	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304	Rp 192.649.304
Single Payment Present Worth Factor (P/F, i%, N)	0,70496054	0,665057114	0,627412371	0,591898464	0,558394777
NPV Pendapatan (NPV in)	186.020.721	184.109.425	183.954.966	183.724.720	181.743.215
NPV Pengeluaran (NPV out)	(135.810.158)	(128.122.790)	(120.870.557)	(114.028.827)	(107.574.365)
Total NPV in	1.669.037.102				
Total NPV out	(5.673.232.932)				
NPV	(4.004.195.830)				

Tabel 5.85. Analisis Kelayakan IPAL Blok C

Periode	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3	4	5
INFLOW						
APBD Pemerintah		Rp -	Rp 200.000.000	Rp 210.000.000	Rp 220.500.000	Rp 231.525.000
Iuran Warga			Rp 6.000	Rp 6.000	Rp 7.000	Rp 7.000
iuran warga			Rp 4.256.817	Rp 4.331.889	Rp 5.141.455	Rp 5.229.039
total inflow	Rp -	Rp -	Rp 204.256.817	Rp 214.331.889	Rp 225.641.455	Rp 236.754.039
OUTFLOW						
biaya konstruksi	Rp 763.897.338	Rp 763.897.338				
biaya operasional dan pemeliharaan			Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688
total outflow	Rp 763.897.338	Rp 763.897.338	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688
Single Payment Present Worth Factor (P/F , i % , N)	1	0,943396226	0,88999644	0,839619283	0,792093663	0,747258173
NPV Pendapatan (NPV in)	-	-	181.787.840	179.957.187	178.729.166	176.916.390
NPV Pengeluaran (NPV out)	(763.897.338)	(720.657.866)	(59.267.256)	(55.912.505)	(52.747.647)	(49.761.931)

Lanjutan Analisis Kelayakan IPAL Blok C

Periode	2026	2027	2028	2029	2030
	6	7	8	9	10
INFLOW					
APBD Pemerintah	Rp 243.101.250	Rp 255.256.313	Rp 268.019.128	Rp 281.420.085	Rp 295.491.089
Iuran Warga	Rp 8.000	Rp 8.000	Rp 9.000	Rp 10.000	Rp 10.000
iuran warga	Rp 6.076.140	Rp 6.176.236	Rp 7.060.874	Rp 7.970.535	Rp 8.095.655
total inflow	Rp 249.177.390	Rp 261.432.549	Rp 275.080.002	Rp 289.390.620	Rp 303.586.744
OUTFLOW					
biaya konstruksi					
biaya operasional dan pemeliharaan	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688
total outflow	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688	Rp 66.592.688
Single Payment Present Worth Factor (P/F , i % , N)	0,70496054	0,665057114	0,627412371	0,591898464	0,558394777
NPV Pendapatan (NPV in)	175.660.228	173.867.576	172.588.596	171.289.863	169.521.252
NPV Pengeluaran (NPV out)	(46.945.218)	(44.287.941)	(41.781.077)	(39.416.110)	(37.185.009)
Total NPV in	1.580.318.098				
Total NPV out	(1.911.859.897)				
NPV	(331.541.799)				

Tabel 5.86. Analisis Kelayakan IPAL Blok D

Periode	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	0	1	2	3	4	5
INFLOW						
APBD Pemerintah		Rp -	Rp 200.000.000	Rp 210.000.000	Rp 220.500.000	Rp 231.525.000
iuran Warga			Rp 6.000	Rp 6.000	Rp 7.000	Rp 7.000
iuran warga			Rp 4.800.000	Rp 4.800.000	Rp 5.600.000	Rp 5.600.000
total inflow	Rp -	Rp -	Rp 204.800.000	Rp 214.800.000	Rp 226.100.000	Rp 237.125.000
OUTFLOW						
biaya konstruksi	Rp 1.028.849.504	Rp 1.028.849.504				
biaya operasional dan pemeliharaan			Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590
total outflow	Rp 1.028.849.504	Rp 1.028.849.504	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590
Single Payment Present Worth Factor (P/F , i % , N)	1	0,943396226	0,88999644	0,839619283	0,792093663	0,747258173
NPV Pendapatan (NPV in)	-	-	182.271.271	180.350.222	179.092.377	177.193.594
NPV Pengeluaran (NPV out)	(1.028.849.504)	(970.612.739)	(11.715.549)	(11.052.404)	(10.426.797)	(9.836.601)

Lanjutan Analisis Kelayakan IPAL Blok D

Periode	2026	2027	2028	2029	2030
	6	7	8	9	10
INFLOW					
APBD Pemerintah	Rp 243.101.250	Rp 255.256.313	Rp 268.019.128	Rp 281.420.085	Rp 295.491.089
Iuran Warga	Rp 8.000	Rp 8.000	Rp 9.000	Rp 10.000	Rp 10.000
Iuran warga	Rp 6.400.000	Rp 6.400.000	Rp 7.200.000	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
total inflow	Rp 249.501.250	Rp 261.656.313	Rp 275.219.128	Rp 289.420.085	Rp 303.491.089
OUTFLOW					
biaya konstruksi					
biaya operasional dan pemeliharaan	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590
total outflow	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590	Rp 13.163.590
Single Payment Present Worth Factor (P/F , i % , N)	0,70496054	0,665057114	0,627412371	0,591898464	0,558394777
NPV Pendapatan (NPV in)	175.888.536	174.016.392	172.675.886	171.307.303	169.467.839
NPV Pengeluaran (NPV out)	(9.279.812)	(8.754.539)	(8.258.999)	(7.791.509)	(7.350.480)
Total NPV in	1.582.263.420				
Total NPV out	(2.083.928.933)				
NPV	(501.665.512)				

2. Pengoperasian lubang kontrol (*Manhole/Drop Manhole*)

Pengoperasian untuk menjamin akibat penyumbatan oleh sampah yang masuk ke jaringan pipa, maka *manhole* harus dijaga.

Hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

- a. lubang udara (*vent*) yang terdapat pada tutup manhole dijaga agar tidak tersumbat untuk mempertahankan sirkulasi udara pada jaringan pengumpul.
- b. menjaga tutup manhole selalu tertutup dan dikunci.
- c. menjaga tidak terjadi kebocoran di area manhole.
- d. jalur pipa air limbah domestik, khususnya yang memiliki banyak manhole, dihindarkan dari jalur jalan lalu lintas padat.

Pemeliharaan

1. Jaringan Perpipaan

- a. *Updating* gambar sistem jaringan pipa yang menunjukkan arah aliran, lokasi dan tata letak *manhole*, sambungan rumah dan fasilitas lainnya, serta kemiringan pipa.
- b. Inventarisasi bagian jalur pipa yang sering mengalami gangguan.
- c. Analisis dan pengecekan tingkat keberhasilan perbaikan yang telah dilaksanakan.
- d. Pemutakhiran data melalui *as built drawing* yang ada dan melakukan survei identifikasi kemungkinan titik yang sering menimbulkan permasalahan, semuanya diplot dalam peta dan diprogramkan dalam suatu jadwal pemeliharaan rutin.

2. *Manhole*

Manhole harus terbuat dari beton pracetak atau jenis beton lain dan harus tahan air. Inlet dan outlet pipa harus disambung ke lubang saluran dengan koneksi yang fleksibel dan kedap air. Penutup *manhole* yang kedap air harus digunakan ketika kondisi atas manhole rawan terjadi banjir.

5.11.2. Instalasi Pengolahan Air Limbah

Pengoperasian

Barscreen

Pengoperasian saringan sampah perlu memperhatikan sampah yang terakumulasi pada saringan. Sampah yang terkumpul dibersihkan secara berkala.

Sumur Pengumpul

- a. memastikan lampu indikator level air tidak rusak
- b. pengoprasiaan pompa utama dan pompa cadangan dilaksanakan secara bergantian

Bak Pengendap Anaerobik

- a. Memastikan pipa vent tidak tersumbat
- b. Memastikan aliran limbah kontinu dengan menginspeksi
- c. Buih yang terkumpul pada bagian atas airdiambil dan dibuang.

Aerobik Biofilter

Biofilter menggunakan bakteri tertentu untuk mengkonversi amonia menjadi nitrat, yang relatif tidak beracun untuk ikan. Nitrifikasi yang optimal dapat terjadi ketika populasi bakteri benar-benar hidup pada biofilter. Kolonisasi lengkap membutuhkan waktu antara satu dan tiga bulan tergantung pada kondisi lingkungan, contoh suhu hangat dapat meningkatkan aktivitas mikroba. Proses ini dapat dipercepat dengan penyemaian biofilter dengan bakteri dari sistem yang ada. Setelah koloni tumbuh, kegiatan pengoperasian yang dapat dilaksanakan dengan pengaturan pompa influen agar tetap konstan sesuai beban organik yang direncanakan. Sistem akan berjalan dengan baik selama kondisi operasional, terutama pH dan alkalinitas tetap terjaga. Saat sistem dalam kondisi kritis, setidaknya terdapat 1 (satu) hari untuk menyelesaikan permasalahan.

Bak Pengendap Akhir

Bak Pengendapan II berfungsi mengendapkan padatan tersuspensi, partikel, dan mikroorganisme dari proses aerobik di bagian hulunya. Konstruksi bak pengendapan akhir dapat lebih kecil dibandingkan pengendapan awal, karena lumpur diendapkan hanya bertujuan untuk memisahkan padatan dari air limbah domestik yang sudah terolah dan akan dibuang sebagai air hasil olahan IPALD.

Bak Desinfeksi

- a. Injeksi kaporit untuk menghilangkan *e.coli* dilakukan oleh *dosing pump* dari bak pelarut.
- b. Pecampuran kaporit dan air tergantung pada berapa banyaknya baffle

Pemeliharaan

Barscreen

- a. Pemeliharaan ini dilakukan untuk memeriksa dan memperbaiki (dilakukan seminggu sekali). Periksa apakah platform berdiri sesuai dengan kondisi perencanaan.
- b. Periksa kondisi *screen* setidaknya memiliki kemiringan sudut 60° atau lebih terhadap arah horizontal, hal ini

ditujukan untuk menghindari arus yang terlalu kuat dalam saluran air limbah dan juga untuk memudahkan operator ketika membersihkan *screen*.

Sumur Pengumpul

Pemeliharaan yang dapat dilakukan untuk sumur pengumpul antara lain, kebocoran agar selalu dipantau tinggi permukaan air melalui alat pemeriksaan *water level*. Selain itu memantau tingkat kebocoran, dengan mengetahui tinggi muka air dalam sumur pengumpul bisa melakukan pengecekan debit limbah.

Bak Pengendap Anaerobik

Saluran terbuka harus selalu dibersihkan dari endapan lumpur dan sampah agar aliran lancar dan tidak terganggu. Demikian dengan alat ukur pada saluran dijaga kebersihannya agar aliran air lancar.

Aerobik Biofilter

- a. pembersihan media filter setiap 6 bulan sekali. Apabila media filter tidak dapat digunakan kembali harus dilakukan penggantian.
- b. menjaga organisme aerobik agar tetap hidup dan bercampur dengan air limbah untuk mendegradasi zat organik dan mengurangi kelebihan nutrisi.
- c. pembersihan scum secara manual setiap sebulan sekali.

Bak Pengendap Akhir

Pemeliharaan rutin yang paling penting adalah pembersihan luapan pelimpah (*weir*) setiap hari dan hasil penyapuan (*scrappings*) setiap mingguan dan membersihkan dinding. Secara berkala perlu dilakukan pemeriksaan peralatan yang sudah terkorosi.

Bak Desinfeksi

- a. Memastikan injeksi kaporit berlangsung kontinu
- b. Menjaga aliran pada baffle tidak terhambat

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan ini antara lain:

1. Untuk perencanaan SPAL diameter yang digunakan yaitu 114 mm dengan panjang pipa 3426 m, 140 mm dengan panjang pipa 587 m, 165 mm dengan panjang pipa 1013, diameter 216 dengan panjang pipa 460 dan diameter 267 mm dengan panjang pipa 164 m. Sedangkan untuk perencanaan IPAL unit yang digunakan untuk blok A, B dan C adalah sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik, biofilter aerobik, bak pengendap akhir dan desinfeksi. Untuk IPAL D menggunakan sumur pengumpul, bak pengendap anaerobik dan biofilter aerobik.
2. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun SPAL dan IPAL:
 - Blok A= Rp 5.235.133.809
 - Blok B= Rp 3.818.984.906
 - Blok C= Rp 1.290.765.156
 - Blok D= Rp 1.698.057.417
3. SOP Spal yang perlu diperhatikan adalah aliran dalam pipa tidak tersumbat dan pengecekan manhole dilakukan secara rutin. Sedangkan SOP IPAL yang perlu diperhatikan antara lain aliran pada tiap-tiap unit dipastikan mengalir, pengurasan lumpur pada unit bak pengendap dan pembersihan media sarang tawon.

6.2. Saran

Pada perencanaan ini yang direncanakan hanya pipa primer dan sekunder. Apabila akan diimplementasikan diperlukan perencanaan pipa tersier hingga sambungan pipa ke masing-masing rumah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, R dan Putri S. K. 2016. *Rancangan Sistem Penyaluran Air Buangan Offsite Sanitation Kawasan Untuk Mendukung Program Green City Kota Solok*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II: 120-127.
- Arsyad, M. 2015. *Perencanaan Sistem Perpipaan Air Limbah Kawasan Pemukiman Penduduk*. Jurnal Ilmiah Media Engineering 5(2): 283-293.
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Kecamatan Asemrowo Dalam Angka Tahun 2017*. Surabaya: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *Sistem Perencanaan Plambing*.
- Binilang, A dan Fuad H. 2016. *Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado*. Jurnal Teknik ITS 5(2): 42-46
- Damayanti, D, Eveline W dan Alex B. 2018. *Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumnas Kelurahan Paniki Dua Kecamatan Mapanget*. Jurnal Sipil Statik 6(5): 301-314.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2007. *Rencana Program Investasi Jangka Menengah Bidang PU/Cipta Karya*. Jakarta: Departemen Jenderal Cipta Karya.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2016. *Buku 4 Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2017. *Strategi Sanitasi Kota Surabaya Tahun 2017-2021*. Surabaya: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Djarwanti. 2015. *Aplikasi Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka Dengan Sistem ABR dan UAF*. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri 6(1): 29-34.
- Gray, C. 2007. *Pengantar Evaluasi Poyek*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama..

- Hastuti, E, Reni N dan Sri D. 2017. *Pengembangan Proses pada Sistem Anaerobic Baffled Reactor untuk Memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jurnal Permukiman 12(2): 70-79.
- Masar, N. N. 2017. *Analisis Kelayakan Investasi Pengolahan Pangan Amplang dan Kerupuk Secara Finansial (Studi Kasus pada Kub Jaya Lestari di Kecamatan Sangasanga)*. Jurnal Administrasi Bisnis 5(3): 601-611.
- Nasarudin, I. Y. 2013. *Analisis Kelayakan Ekonomi dan Keuangan Usaha Ikan Lele Asap di Pekanbaru*. Jurnal Ekonomi 12(2): 165-178.
- Octavianus, K dan Agus S. 2017. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Skala Kawasan di Kota Sidoarjo*. Jurnal Teknik ITS 6(2): 121-124.
- Radityaningrum, A. D. dan Maritha N. K. 2017. *Perbandingan Kinerja Media Biofilter Anaerobic Biofilter dalam Penurunan TSS, BOD, COD, pada Greywater*. Jurnal Teknik Lingkungan 3(2): 25-34.
- Rahmanissa, A dan Agus S. 2017. *Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang*. Jurnal Teknik ITS 6(2): 147-151.
- Rakhmananda. 2016. *Rencana Teknis Penyaluran Air Buangan Sistem Terpusat Kabupaten Kudus*. Jurnal Teknik Lingkungan 5(2): 156-165.
- Tampuyak, S. , Chairil A dan Muhammad N. S. 2016. *Analisis Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Fasilitas Persampahan di Kota Palu 2015-2025*. Jurnal Katalogis 4(4): 94-104.
- Tchobanoglous, G, Franklin B dan David S. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse Forth Edition*. USA: Mcgraw Hill Companies Inc.
- Tchobanoglous, G, Franklin B dan David S 1981. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse Second Edition*. USA: Mcgraw Hill Companies Inc.
- UN ESCAP. 2015. *Average Growth Rate: Computation Methods*. Issues no 7
- Wulandari, P. R. 2014. *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan Pt. Pertamina*

- Unit Pelayanan Iii Plaju – Sumatera Selatan*). *Jurnal Teknik sipil dan Lingkungan* 2(3): 499-509.
- Wijayaningrat, A. T. P. 2018. *Evaluasi Kinerja Ipal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta Ditinjau dari Parameter Fisik Kimia*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Yasuha, J. X. L. dan Muhammad S. 2017. *Analisis Kelayakan Investasi Atas Rencana Penambahan Aktiva Tetap (Studi Kasus pada Pt Pelabuhan Indonesia Iii (Persero) Cabang Tanjung Perak Terminal Nilam)*. *Jurnal Administrasi Bisnis* 46(1): 113-121.
- Yesie, Y dan Abdul K. H. 2014. *Analisis Finansial Usahatani Aren (Arenga Pinnata Meer) di Kampung Sakaq Tada Kecamatan Mook Mannar Bulantrn Kabupaten Kutai Barat*. *Jurnal Agrifor* 13(2): 241-252.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Tabel 5.87. Data Pemakaian Air Bersih Masyarakat Kecamatan Asemrowo

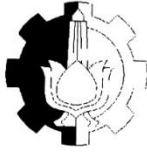
No	Nama	Nama Kepala Keluarga	Jumlah Anggota Keluarga	Debit Air Bersih (m ³ /Bulan)	Debit Air Bersih (M ³ / Hari)	Debit Air Bersih (L/ Orang. Hari)
1	Reni	Hadi Prayetno	6	33,3	1,11	185,00
2	susilowati	suwarno	4	10	0,33	83,33
3	musyarofah	musyarofah	2	10	0,33	166,67
4	Dwi	Fathony	4	16,67	0,56	138,92
5	Antin	Priyo	4	26,67	0,89	222,25
6	Rusmiati	Sujono	3	11,67	0,39	129,67
7	Kadarwati	Anang	4	6,67	0,22	55,58
8	Ahnan	Ahnan	5	10	0,33	66,67
9	nurul	lput	5	10	0,33	66,67
10	Inuk	Hartanto	4	10	0,33	83,33
11	Fahiyah	Rifai	3	10	0,33	111,11
12	Markan	Markan	7	18,3	0,61	87,14
13	Romla	Romla	2	10	0,33	166,67
14	Sri utama	Nur Sidiq	2	6	0,20	100,00
15	Anis	Anis	6	28,3	0,94	157,22
16	Nur Rochma	Nur Rochma	5	23,3	0,78	155,33
17	Anisa	M. Mujaini	7	13,3	0,44	63,33
18	lin	Indra	4	10	0,33	83,33
19	Tia	Affan	4	16,67	0,56	138,92
20	ummi	Kusnan	4	16,67	0,56	138,92
21	Achmad Hudin	Achmad Hudin	5	15	0,50	100,00

No	Nama	Nama Kepala Keluarga	Jumlah Anggota Keluarga	Debit Air Bersih (m ³ /Bulan)	Debit Air Bersih (M ³ / Hari)	Debit Air Bersih (L/ Orang. Hari)
22	Yuni	Saidi	4	16,67	0,56	138,92
23	Ayu	Robby	4	16,67	0,56	138,92
24	Paramita	Amrizal	4	16,67	0,56	138,92
25	wiwik	Rokayah	3	10	0,33	111,11
26	Erna	Erna	4	10	0,33	83,33
27	Aisyah	Sutriswati	3	12,67	0,42	140,78
28	Gasuki	Gasuki	11	10	0,33	30,30
29	Izza	Nurhadi	4	20	0,67	166,67
30	Wiwin	Agus	5	10	0,33	66,67
31	Suci	Murota	12	26,67	0,89	74,08
32	Ani	Syahrul	4	10	0,33	83,33
33	Efendi	efendi	4	12	0,40	100,00
34	rochman	rochman	4	12	0,40	100,00
35	Ana	Sapta	3	10	0,33	111,11
36	Abdul Rozeq	Abdul Rozeq	4	18,33	0,61	152,75
37	Sarwono	Sarwono	6	16,67	0,56	92,61
38	lilis	Sodiqin	4	10	0,33	83,33
39	tuti haryanti	saniram	2	8,33	0,28	138,83
40	Yunus	yunus	6	15,1	0,50	83,89
41	Lely	Agus	5	16,67	0,56	111,13
42	Ahmad Taufik	Ahmad Taufik	3	10	0,33	111,11
43	Meisaroh	Meisaroh	4	10	0,33	83,33
44	Bibah	Dwi Trianto	4	14,2	0,47	118,33
45	Munayah	Munayah	1	4	0,13	133,33

No	Nama	Nama Kepala Keluarga	Jumlah Anggota Keluarga	Debit Air Bersih (m ³ /Bulan)	Debit Air Bersih (M ³ / Hari)	Debit Air Bersih (L/ Orang. Hari)
46	sandra	moh. Syaifudin	5	10	0,33	66,67
47	kasni	kasni	9	25	0,83	92,59
48	untung	untung	5	10,83	0,36	72,20
49	muhklis	muhklis	4	16,67	0,56	138,92
50	subagyo	subagyo	5	16,67	0,56	111,13
51	eka novianti	muh. Ridwan	4	13,33	0,44	111,08
52	David	David	6	25	0,83	138,89
53	Aksa	Aksa	3	16,67	0,56	185,22
54	Jamali	Jamali	5	25	0,83	166,67
55	Firman	Firman	4	25	0,83	208,33
56	Umala	Syafii	4	8,3	0,28	69,17
57	lfa	Lambang	6	13,33	0,44	74,06
58	Siti	Luqman	6	15	0,50	83,33
59	Wayan	Wayan	4	11,67	0,39	97,25
60	Sodikin	Sodikin	5	16,67	0,56	111,13
61	Suyono	Suyono	4	16,67	0,56	138,92
62	Solikin	Solikin	5	16,67	0,56	111,13
63	Benjamin	Benjamin	5	16,67	0,56	111,13
64	Firmansyah	Firmansyah	4	16,67	0,56	138,92
65	Indrawati	Suyono	4	9,33	0,31	77,75
66	jumiati	tejo	6	12	0,40	66,67
67	Hatik	Selamet	6	20	0,67	111,11
68	Nur Holida	Samsul	5	12,67	0,42	84,47
69	Mila	Efendi	4	16,67	0,56	138,92

No	Nama	Nama Kepala Keluarga	Jumlah Anggota Keluarga	Debit Air Bersih (m ³ /Bulan)	Debit Air Bersih (M ³ / Hari)	Debit Air Bersih (L/ Orang. Hari)
70	Juhriya	Suwardi	4	10	0,33	83,33
71	Lilik	Sudjak	3	6	0,20	66,67
72	Sarokan	Sarokan	5	10	0,33	66,67
73	Yuyun	Hidayat	4	10	0,33	83,33
74	Wiwik	Heri	4	10	0,33	83,33
75	Santi	Heru	6	12	0,40	66,67
76	Asiyah	Sulis	4	8,3	0,28	69,17
77	Nanik	Baru	4	13,33	0,44	111,08
78	Hartanti	Mashudi	7	15	0,50	71,43
79	Romlan	Romlan	6	12	0,40	66,67
80	Istini	Mardi	4	12	0,40	100,00
81	Luluk	Sujiono	4	10	0,33	83,33
82	Sugiarto	Sugiarto	5	16,67	0,56	111,13
83	Setio	Setio	4	16,67	0,56	138,92
84	Martono	Martono	4	16,67	0,56	138,92
85	Afun	Taufik	6	16,67	0,56	92,61
86	Riamah	Riamah	2	4	0,13	66,67
87	Kariani	Kariani	4	18,33	0,61	152,75
88	Suhaimah	Suwandi	4	13,33	0,44	111,08
89	Sumi	Dedi	3	12	0,40	133,33
90	Nani	Nani	2	6	0,20	100,00
91	Sabiah	Gunarto	4	10	0,33	83,33
92	Amini	Mardi	4	10	0,33	83,33
93	Etik	Huda	4	12	0,40	100,00
94	Rahmawati	Bahri	8	20	0,67	83,33

No	Nama	Nama Kepala Keluarga	Jumlah Anggota Keluarga	Debit Air Bersih (m ³ /Bulan)	Debit Air Bersih (M ³ / Hari)	Debit Air Bersih (L/ Orang. Hari)
95	Didik	Didik	6	16,67	0,56	92,61
96	Endang	Bayu	5	16,67	0,56	111,13
97	Lena	Budi	2	6	0,20	100,00
98	Kasiati	Imam	6	25	0,83	138,89
99	Samia	Suparno	4	23,3	0,78	194,17
100	Nasiati	Surya	4	10	0,33	83,33
101	Munika	Jajang	5	10	0,33	66,67
102	Susi	Waridi	6	28,3	0,94	157,22
103	Erni	Rahmat	4	16,67	0,56	138,92
104	Yuni	Apin	5	12	0,40	80,00
105	Sanusi	Sanusi	4	13,1	0,44	109,17
Rata-rata Pemakaian Air Bersih (l/orang.hari)						108,74
Rata-Rata Air Limbah (l/orang.hari)						97,87



LABORATORIUM MANAJEMEN KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLOLO SURABAYA
TELEFON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Munadia
Dikirim Tanggal : 27 Maret 2019
Sampel Dari : Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	7,50	pHmeter
2	TSS	mg/L	168,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O ₂	134,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O ₂	70,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	12,00	Gravimetri
6	Amonia	mg/L NH ₃ -N	95,87	Spektropotometri
7	Pospat	mg/L PO ₄ -P	11,00	Spektropotometri
8	Total Koliform	MPN/100 mL	6 x 10 ⁸	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 05 April 2019
Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS
Kepala,



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001

Catatan :
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami

BIOGRAFI PENULIS



Nuranisa Listiya Rosari merupakan nama lengkap penulis. Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 30 Maret 1997. Penulis bertempat tinggal di Ngagel Mulyo 6 nomor 1, Surabaya. Penulis mengemban Pendidikan formal dari Pendidikan dasar di SDN Ngagel Rejo 1 Surabaya, dilanjutkan Pendidikan menengah di SMPN 12 Surabaya, dan kemudian dilanjutkan di SMAN 16 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan Pendidikan sarjana di Departemen Teknik

Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, ITS, Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03211440000085.

Selama masa perkuliahan penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa. Penulis tercatat sebagai anggota aktif HMTL ITS. Penulis pernah terlibat dalam kepengurusan di Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS menjabat sebagai Staff Kominfo pada periode 2016/2017 dan menjadi anggota Dewan Perwakilan Angkatan pada periode 2017/2018. Informasi lebih lanjut tentang penulis dapat dihubungi melalui e-mail nuranisalr@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

PTA-S1-TL-03

TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184084 (0/6/0)

Periode: Genap 2018/2019

No. Revisi: 02

**FORMULIR TUGAS AKHIR PTA-03
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Proposal Tugas Akhir**

Hari, tanggal : Rabu, 23 Januari 2019

Nilai TOEFL 440

Pukul : 13.00 - 14.30

Ruang : TL 104

Judul : Perencanaan Sistem Penyaluran dan Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Asemrowo, Surabaya

Nama : Nuranisa Listiya Rosari

NRP. : 0321154000085

Topik : Perencanaan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Proposal Tugas Akhir
1.	Peta Surabaya, kec. & Kelurahan. ↳ cek peta Mrw.
2.	Pelajari SPAL. ↳ 1/2 perencanaan IPAL.
3.	Flowchart perhit debit, dimensi, dll.
4.	Studi IPAL yg sdh ada.

21/19 ✓
2/2

Dosen Pembimbing menyerahkan formulir PTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistansi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan :

1. Proposal Tugas Akhir diterima
2. Seminar Tugas Akhir harus diulang
3. Proposal Tugas Akhir ditolak/ganti judul

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D.



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Nuramisa Listiya Rosari
NRP : 55211521000085
Judul : Perencanaan Teknik Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah
Domestik di Kecamatan Asemrowo, Surabaya

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	25-03-2019	Pelayanan SPAL difokuskan di Kelurahan asemrowo. Untuk Kelurahan lain dibagi kembali berapa persen pemukiman dan industri, dicek kembali berapa banyak KK di Kelurahan genteng ketanahan dan tembok Sarroko, apakah bisa dilayani SPAL	T
2.	10-04-2019	Rencana SPAL	T
3.	15-04-2019	Perencanaan SPAL, slope didapatkan hingga $V_{min} = 0,9 \text{ m/s}$ dan penanaman maksimal 7.	T
4.	29-04-2019	IPAL untuk yang di bawah jalan ABR dan AF, untuk ditahan yang besar baik menggunakan fungsi Aerasi.	T
5.	22-04-2019	SPAL, 2 gang diadakan 1 IPAL, kapasitas 150 KK IPAL dicoba menggunakan wetland	T
6.	25-06-2019	Analisis kelayakan finansial, didapatkan hingga BPP, RAB dan BOQ	T

Surabaya,
Dosen Pembimbing



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Jumat, 19 - Juli - 2019

Nilai TOEFL 470

Pukul : 13.00

Lokasi : TL - 105

Judul : Perencanaan Teknis Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Asemrowo, Surabaya

Nama : Nuranisa Listiya Rosari

NRP. : 0321154000095

Topik : Perencanaan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1/	<p>Penulisan : - daftar tabel/gbr / isi - gbr 3.1 → besarkan - bay kosong - margin tabel → tabel 5.6 - tabel kosong</p> <p style="text-align: right;">- 27/7</p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistansi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Ipung Fitri, S.T., M.T., Ph.D



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Nuraniisa Listiya Rosari
NRP : 0321154000085
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Teknis Penyaluran dan Teknologi Pengolahan Air Limbah
di Kecamatan Asemrowo, Surabaya

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Penulisan :- daftar gambar, tabel, Isi - gambar 3.1 dibesarkan - tabel terpotong	Sudah diperbaiki
2.	Gambar manhole di potongan memanjang pipa	Sudah diperbaiki
3.	Kedalaman renang minimum pada pipa SPAL	Sudah diperbaiki
4.	BOG dan RAB pembesian beton	Sudah diperbaiki
5.	Tabel data Sanitasi	Sudah diperbaiki
6.	Gambar profil Hidrolis	Sudah diperbaiki

Dosen Pembimbing,

Irung Fitri Purwanti S.T., M.T., Ph.D

Mahasiswa Ybs.,

Nuraniisa Listiya Rosari