TUGAS AKHIR - RE 141581

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN BUNGAH GRESIK

MUHAMMAD ATHUR DIRGANTARA
3312100094

Dosen Pembimbing
Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

FINAL PROJECT - RE 141581

DESIGN OF WATER AND DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT IN BUNGAH, GRESIK

MUHAMMAD ATHUR DIRGANTARA
3312100094

Supervisor
Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN BUNGAH, GRESIK

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 Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:
MUHAMMAD ATHUR DIRGANTARA
NRP. 3312100094

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D
NIP. 19730601 200003 1 001

Surabaya, Januari 2018

PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR BERSIH DAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN BUNGAH, GRESIK

Nama Mahasiswa	: Muhammad Athur Dirgantara
NRP	: 3312100094
Jurusan	: Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing	: Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Perencanaan ini berlokasi di Kecamatan Bungah Kabupaten Gresik, tepatnya di Desa Raci Wetan, Desa Sidorejo, dan Desa Melirang. Dalam upaya untuk mencapai akses air minum layak dan sanitasi layak sebesar 100%, maka dilakukan studi perencanaan bangunan pengolahan dan sistem penyaluran air bersih serta perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik dan pengolahannya.

Hasil perencanaan ini menghasilkan sebuah desain IPAM yang memiliki kapasitas sebesar 4,83 l/detik dan sistem perpipaan untuk penyaluran air bersih yang melayani 6 RW. Total RAB keseluruhan untuk sistem ini ditaksir sekitar Rp 3.927.570.320,18. Sedangkan perencanaan untuk air limbah domestik menghasilkan 12 SPAL beserta unit IPAL yang melayani 13 RW; terdiri dari 2 SPAL menggunakan sistem *smallbore sewer* dengan IPAL berupa ABR-ABF dan 10 SPAL menggunakan sistem *shallow sewer* dengan IPAL berupa ABR. Total RAB perencanaan air limbah keseluruhan ditaksir sekitar Rp 11.121.645.679,60.

Kata kunci: air bersih, air limbah domestik, IPAL, IPAM, sanitasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGN OF WATER AND DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT IN BUNGAH, GRESIK

Name	: Muhammad Athur Dirgantara
NRP	: 3312100094
Study Programme	: Teknik Lingkungan
Supervisor	: Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

This study was located in Bungah, Gresik, for precisely in villages of Raci Wetan, Sidorejo, and Melirang. To achieve 100% coverage of accessible drinking water and proper sanitation, this study was done to design water treatment plant and its distribution systems and to design domestic wastewater piping and its treatment.

The result obtained WTP with 4,83 l/sec in capacity including its distribution system to serve 6 residential/community areas with a total budget approximately Rp 3,927,570,320.18. Meanwhile, the domestic wastewater systems consist of 12 sewerage systems equipped with STP to serve 13 residential areas; consist of 2 systems using small-bore sewer systems including the STP with ABR-ABF and 10 systems using shallow sewer systems including STP with ABR unit. Total budget these systems was about Rp 11,121,645,679.60.

Keywords: domestic wastewater, fresh water, sanitation, STP, WTP

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Saya ucapkan segala puji atas kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungan, Gresik” ini dapat diselesaikan sampai akhir laporan.

Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing,
2. Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T., Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D, dan Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji,
3. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu berdo’a dan menunjang anggaran biaya hidup sampai sekarang,
4. Keluarga besar Teknik Lingkungan ITS yang membantu melancarkan pelaksanaan tugas akhir dan menyediakan sarana prasarana yang mendukung proses belajar,
5. Dan, teman-teman Teknik Lingkungan ITS yang telah membantu dan mendukung pelaksanaan tugas akhir baik tenaga, materiil, maupun moril

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karenanya penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya dan mengharapkan saran kedepannya. Akhir kalimat penulis berharap semoga hasil ini dapat membawa faedah bagi pembaca nantinya.

Surabaya, 22 Januari 2018
Hormat Saya,

Muhammad Athur Dirgantara

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
ABSTRACT iii
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB 1. PENDAHULUAN i
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat 3
1.5 Ruang Lingkup 3
BAB 2. DASAR TEORI 5
2.1 Sanitasi 5
2.2 Air Bersih 5
2.2.1 Parameter Air Bersih 6
2.2.2 Pengolahan Air Bersih 7
2.2.3 Perhitungan IPAM 11
2.3 Air Limbah Domestik 15
2.3.1 Parameter Air Limbah Domestik 16
2.3.2 Pengolahan Air Limbah Domestik 19
2.3.3 Perhitungan ABR 25
BAB 3. GAMBARAN UMUM 27
3.1 Gambaran Umum Desa 27
3.2 Kondisi Sanitasi dan Air Bersih Desa 28
3.2.1 Raci Wetan 28
3.2.2 Sidorejo 29
3.2.3 Melirang 30
BAB 4. METODE PERENCANAAN 33
4.1 Gambaran Metode Perencanaan 33
4.1 Uraian Metode Perencanaan 34
4.1.1 Identifikasi Masalah 34
4.1.2 Studi Literatur 35
4.1.3 Pengumpulan Data 36
4.1.4 Hasil Pembahasan 38
4.1.5 Kesimpulan 39
BAB 5. HASIL PEMBAHASAN 41

5.1 Hasil Penyebaran Kuisoner 41
5.1.1 Penentuan Jumlah Responden 41
5.1.2 Pembahasan Kuisoner 41
5.2 Penyediaan Air Bersih 56
5.2.1 Perhitungan Debit 56
5.2.2 Perencanaan Bangunan Pengolah Air Bersih 66
5.2.3 Perencanaan Penyaluran Air Bersih 84
5.3 Pengolahan Air Limbah Domestik 89
5.3.1 Analisis Wilayah Terlayani SPAL dan IPAL 89
5.3.2 Perencanaan Saluran Air Limbah Domestik 93
5.3.3 Perencanaan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik 126
5.4 BOQ dan RAB 153
5.4.1 BOQ dan RAB Jaringan dan Bangunan Penyedia Air Bersih 153
5.4.2 BOQ dan RAB Jaringan dan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik 155
5.5 Hasil Perencanaan 181
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 183
6.1 Kesimpulan 183
6.2 Saran 183
DAFTAR PUSTAKA 185
LAMPIRAN A 189
LAMPIRAN B 213
LAMPIRAN C 235
LAMPIRAN D 237
BIOGRAFI PENULIS 243

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Kebutuhan Air tiap Kategori Kota 5
Tabel 2. 2. Penilaian Air Baku dari Aspek Kualitas, Kuantitas, Kontinuitas, dan Biaya Pengolahan 7
Tabel 2. 3. Karakteristik Umum Air Permukaan 8
Tabel 2. 4. Konsentrasi Air Limbah Domestik di Beberapa Lokasi 18
Tabel 5. 1. Jumlah Penduduk Tahun 2009-2015 57
Tabel 5. 2. Pertambahan Penduduk 57
Tabel 5. 3. Nilai r Metode Aritmatik 58
Tabel 5. 4. Nilai r Metode Geometrik 58
Tabel 5. 5. Nilai r Metode *Least Square* 58
Tabel 5. 6. Proyeksi Penduduk Tahun 2016-2020 59
Tabel 5. 7. Fasilitas Umum 60
Tabel 5. 8. Proyeksi Fasilitas Pendidikan Tahun 2016-2020 60
Tabel 5. 9. Proyeksi Fasilitas Ibadah Tahun 2016-2020 61
Tabel 5. 10. Proyeksi Fasilitas Kesehatan Tahun 2016-2020 61
Tabel 5. 11. Proyeksi Industri Tahun 2016-2020 61
Tabel 5. 12. Kebutuhan Air Penduduk 64
Tabel 5. 13. Node Epanet 88
Tabel 5. 14. Links Epanet 88
Tabel 5. 15. Kepadatan Penduduk tiap RW 90
Tabel 5. 16. Hasil Perhitungan SPAL di R.II 98
Tabel 5. 17. Lanjutan 1 SPAL di R.II 99
Tabel 5. 18. Hasil Perhitungan SPAL di R.I 100
Tabel 5. 19. Lanjutan SPAL di R.I 101
Tabel 5. 20. Hasil Perhitungan SPAL di S.I 107
Tabel 5. 21. Lanjutan SPAL di S.I 108
Tabel 5. 22. Hasil Perhitungan SPAL di S.II 109
Tabel 5. 23. Lanjutan SPAL di S.II 110
Tabel 5. 24. Hasil Perhitungan SPAL di M.I.a 111
Tabel 5. 25. Lanjutan SPAL di M.I.a 112
Tabel 5. 26. Hasil Perhitungan SPAL di M.I.b 113
Tabel 5. 27. Lanjutan SPAL di M.I.b 114
Tabel 5. 28. Hasil Perhitungan SPAL di M.II 115
Tabel 5. 29. Lanjutan SPAL di M.II 116
Tabel 5. 30. Hasil Perhitungan SPAL di M.IV 117
Tabel 5. 31. Lanjutan SPAL di M.IV 117

Tabel 5. 32. Hasil Perhitungan SPAL di M.V.....118
Tabel 5. 33. Lanjutan SPAL di M.V 119
Tabel 5. 34. Hasil Perhitungan SPAL di M.VI.....120
Tabel 5. 35. Lanjutan SPAL di M.VI 121
Tabel 5. 36. Hasil Perhitungan SPAL di M.VII dan M.VIII 122
Tabel 5. 37. Lanjutan SPAL di M.VII dan M.VIII.....123
Tabel 5. 38. Hasil Perhitungan SPAL di M.IX dan M.X 124
Tabel 5. 39. Lanjutan SPAL di M.IX dan M.X.....125
Tabel 5. 40. Konsentrasi Air limbah Domestik tiap Sampel 127
Tabel 5. 41. Kategori Konsentrasi Air Limbah Domestik.....127
Tabel 5. 42. Konsentrasi Air Limbah Domestik Perencanaan...145
Tabel 5. 43. Dimensi IPAL.....152
Tabel 5. 44. BOQ Pipa Air Bersih.....154
Tabel 5. 45. Rekap RAB SPAM dan IPAM.....155
Tabel 5. 46. BOQ Pipa di R.II.....157
Tabel 5. 47. BOQ Pipa di R.I.....158
Tabel 5. 48. BOQ di SI 159
Tabel 5. 49. BOQ Pipa S.II.....161
Tabel 5. 50. BOQ Pipa M.I.a 162
Tabel 5. 51. BOQ Pipa M.I.b 163
Tabel 5. 52. BOQ Pipa M.II 164
Tabel 5. 53. BOQ Pipa M.IV.....165
Tabel 5. 54. BOQ Pipa M.V.....166
Tabel 5. 55. BOQ Pipa M.VI.....167
Tabel 5. 56. BOQ Pipa M.PW 168
Tabel 5. 57. BOQ Pipa M.PK 170
Tabel 5. 58. BOQ Manhole R.II 172
Tabel 5. 59. BOQ Manhole R.I 172
Tabel 5. 60. BOQ Manhole S.I 174
Tabel 5. 61. BOQ Manhole S.II 174
Tabel 5. 62. BOQ Manhole M.I.a.....175
Tabel 5. 63. BOQ Manhole M.I.b.....175
Tabel 5. 64. BOQ Manhole M.II.....176
Tabel 5. 65. BOQ Manhole M.IV 176
Tabel 5. 66. BOQ Manhole M.V 176
Tabel 5. 67. BOQ Manhole M.VI 177
Tabel 5. 68. BOQ Manhole M.PW.....177
Tabel 5. 69. BOQ Manhole M.PK.....178

Tabel 5. 70. Rekap RAB Jaringan dan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik R.II, R.I, S.I, S.II, M.I.a, M.I.b.....179
Tabel 5. 71. Rekap RAB Jaringan dan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik M.II, M.IV, M.V, M.VI, M.PW, M.PK 180

‘Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Lokasi Wilayah Studi 27
Gambar 3. 2. Dua Sumber Air di Desa Raci Wetan: A. Telaga Raci Wetan, B. Sumur Dangkal Raci Delanyar 29
Gambar 3. 3. Kondisi Selokan di Desa Raci Wetan 29
Gambar 3. 4. Kondisi Selokan di Desa Sidorejo 30
Gambar 3. 5. Kondisi Selokan di Dusun Pereng Kulon, Desa Melirang 31
Gambar 4. 1. Diagram Metode Perencanaan 1 33
Gambar 4. 1. Diagram Metode Perencanaan 1 33
Gambar 4. 2. Diagram Metode Perencanaan 2 34
Gambar 5. 1. Diagram Kelompok Umur Responden 42
Gambar 5. 2. Diagram Kelompok Pendidikan Responden 42
Gambar 5. 3. Diagram Kelompok Pekerjaan Responden 43
Gambar 5. 4. Diagram Kelompok Pendapatan Responden 43
Gambar 5. 5. Diagram Jawaban Responden terkait Punya Tidaknya Akses Air Bersih di Rumah 44
Gambar 5. 6. Diagram Asal Sumber Air Bersih responden 45
Gambar 5. 7. Diagram Jawaban Responden terkait Ketersedian Disalurkan Air PDAM ke Rumah 47
Gambar 5. 8. Diagram Jawaban Responden terkait Tahu Tidaknya Sanitasi 48
Gambar 5. 9. Diagram Jawaban Responden terkait Tahu Tidaknya Dampak Pembuangan Limbah Domestik ke Lingkungan 49
Gambar 5. 10. Diagram Jawaban Responden terkait Tahu Tidaknya Pengolahan Limbah Domestik secara Komunal 50
Gambar 5. 11. Diagram Jawaban Responden terkait Pernah Tidaknya Mengikuti Penyuluhan tentang Sanitasi 50
Gambar 5. 12. Diagram Jawaban Responden terkait Punya Tidaknya WC Pribadi 51
Gambar 5. 13. Diagram Jawaban Responden terkait Punya Tidaknya Tangki Septik pribadi 52

Gambar 5. 14. Diagram Jawaban Responden terkait Jarak Tangki Septik dengan Sumber Air Terdekat.....53
Gambar 5. 15. Diagram Jawaban Responden terkait Pengurasan Tangki Septik 54
Gambar 5. 16. Diagram Jawaban Responden terkait Tempat Membuang Limbah *Grey Water*.....55
Gambar 5. 17. Diagram Jawaban Responden terkait Ketersedian Limbah domestiknya Diolah secara Komunal.....56
Gambar 5. 18. Tahapan Pengolahan Air Bersih 67
Gambar 5. 19. Peta Jaringan dengan Program Epanet.....87
Gambar 5. 20. *Small Bore Sewer* (Sumber: Otis & Mara, 1985) 94
Gambar 5. 21. *Small Bore Sewer Cleanout* (Sumber: Otis & Mara, 1985) 94
Gambar 5. 22. Grafik *Hydraulics Elements for Circular Sewer* ...97
Gambar 5. 23. *Conventional & Shallow Sewer Layout* (Sumber: UNCHS HABITAT, 1986).....103
Gambar 5. 24. Pemasangan Pipa Sambungan Rumah pada Pemukiman Tertata dan Tidak Tertata (Sumber: UNCHS HABITAT, 1986).....104
Gambar 5. 25. Lokasi Pengambilan Sampel.....126
Gambar 5. 26. Grafik *COD Removal in Settler* (Sumber: Sasse, 1998) 132
Gambar 5. 27. Grafik *Ratio of Efficiency of BOD Removal to COD Removal* (Sumber: Sasse, 1998).....132
Gambar 5. 28. Grafik *Typical BOD and TSS Removal in Primary Sedimentation Tanks* (Sumber: Metcalf & Eddy, 2003) 133
Gambar 5. 29. Grafik *Reduction of Sludge Volume During Storage* (Sumber: Sasse, 1998) 134
Gambar 5. 30. Grafik *BODrem in Relation to HRT for ABR* (Sumber: Sasse, 1998) 136
Gambar 5. 31. Grafik *BODrem in Relation to Organic Load for ABR* (Sumber: Sasse, 1998).....137

Gambar 5. 32. Grafik *BODrem in Relation to Wastewater Strength* (Sumber: Sasse, 1998) 137
Gambar 5. 33. Grafik *CODrem Relative to Temperature for Anaerobic Reactors* (Sumber: Sasse, 1998) 138
Gambar 5. 34. Grafik *CODrem in Relation to Wastewater Strength for Anaerobic Filters* (Sumber: Sasse, 1998) 139
Gambar 5. 35. Grafik *CODrem in Relation to Specific Filter Surface* (Sumber: Sasse, 1998) 139
Gambar 5. 36. Grafik *CODrem in Relation to HRT for Anaerobic Filters* (Sumber: Sasse, 1998) 140
Gambar 5. 37. Penanaman Pipa SPAM.....153
Gambar 5. 38. Penanaman Pipa SPAL.....155

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan ini berlokasi di Kecamatan Bungah tepatnya di Desa Raci Wetan, Desa Sidorejo, dan Desa Melirang. Berdasarkan data BPS tahun 2016 secara berturut-turut memiliki jumlah penduduk sebesar 1350 jiwa, 1180 jiwa, dan 6055 jiwa dan memiliki luas wilayah secara berturut-turut sebesar 4,12 km^2, 0,31 km^2, dan 5,36 km^2.

Berdasarkan keterangan warga dan data yang didapat dari administrasi desa terkait kondisi sanitasi untuk wilayah Raci Wetan belum 100% limbahnya terolah, sekitar 35 rumah masih belum memiliki tangki septik, sedangkan di Sidorejo dan di Melirang telah 100% Bebas Buang air Besar Sembarangan (BABS) namun hanya limbah *black water* saja yang diolah sedangkan untuk *grey water*-nya masih dialirkan langsung ke selokan sehingga mencemari selokan. Untuk kondisi akses air bersih di Raci Wetan sebagian besar sumber air yang dimanfaatkan berupa air payau namun tidak untuk dikonsumsi, untuk konsumsi air berasal dari air galon dan air telaga. Namun dari dua dusun di desa tersebut hanya satu dusun yang baru dapat memanfaatkan air telaga, sedangkan di dusun yang lain tepatnya di Raci Delanyar belum bisa memanfaatkannya karena terbatasi oleh jarak. Untuk saat ini dusun Raci Delanyar baru dapat memanfaatkan satu sumur dangkal sedalam ±8 m, namun baik air telaga maupun air sumur tidak diketahui apakah telah mencukupi kebutuhan warga karena dari pengakuan sebagian besar warga disana menyatakan kekurangan air. Untuk wilayah Sidorejo hampir setiap rumah telah memiliki sumur tawar pribadi, namun berdasarkan keterangan warga air sumur mengandung kapur dan jika kemarau panjang perlu dilakukan pengerukan lagi. Dan untuk wilayah Melirang tidak semua memiliki air sumur pribadi, biasanya 1 sumur digunakan sekitar 10-12 keluarga, dan menurut warga sekitar air tersebut belum memenuhi kebutuhan. Sedangkan PDAM untuk saat ini masih belum melayani wilayah Bungah.

Untuk meningkatkan sanitasi desa sesuai dengan RPJMN 2015-2019 halaman 5-10 pada tahun 2019 tercapai akses air minum layak dan sanitasi layak sebesar 100% maka dilakukan perencanaan ini yaitu berupa pengolahan air bersih dan air limbah domestik. Pada perencanaan air bersih direncanakan air baku berasal dari Sungai Bengawan Solo yang terletak ± 150 m di sebelah selatan Sidorejo. Sedangkan untuk perencanaan pengolahan air limbah domestik tidak hanya limbah *black water* yang diolah namun diperhatikan juga *grey water*-nya dikarenakan menurut Suoth dan Nazir (2016) limbah *grey water* menghasilkan limbah sebesar 121-151 mg/l BOD, 121-127 mg/l TSS, 79-700 mg/l COD, dan 6-95 mg/l minyak lemak yangmana belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Pengolahan diren-canakan menggunakan ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) yang dikombinasikan dengan anaerobik biofilter. Keunggulan teknologi tersebut diantaranya lahan yang dibutuhkan kecil dan efisiensi removal ABR sebesar 70-95% BOD, 80-90%TSS, dan 65-90% COD, sedangkan Anaerobik biofilter memiliki efisiensi removal sebesar 50-80% BOD, 50-80% TSS, dan 60-80% COD (Setiawati, 2016). Kelemahan ABR masih dihasilkan nutrien yang tinggi.

Tugas akhir perencanaan ini dibatasi pada aspek teknis dan biaya, aspek teknis berupa DED (*Detail Engineering Design*) bangunan pengolah air bersih dan bangunan pengolah air limbah domestik. Sedangkan aspek biaya terdiri atas BOQ (*Bill of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

1.2 Perumusan Masalah

Berikut ini rumusan masalah yang diangkat di dalam tugas akhir ini,

1. Merencanakan desain bangunan pengolah air bersih, dan bangunan pengolah air limbah domestik beserta jaringan perpipaannya.

2. Menghitung BOQ dan RAB yang dibutuhkan untuk merealisasikan perencanaan tersebut.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dihasilkan dari pelaksanaan tugas akhir ini yaitu,

1. Menghasilkan desain bangunan pengolah air bersih dan bangunan pengolah air limbah beserta jaringan perpipaannya.
2. Menghasilkan BOQ dan RAB yang dibutuhkan dalam membangun bangunan pengolah beserta jaringan perpipaannya.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dengan tercapainya kegiatan ini adalah sebagai berikut,

1. Meningkatkan sanitasi desa.
2. Menyiapkan akses air bersih untuk memenuhi kebutuhan penduduk

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup perencanaan meliputi,

1. Wilayah perencanaan dilakukan di tiga desa di Kecamatan Bungah, Gresik, yaitu di Desa Raci Wetan, Sidorejo, dan Meliang
2. Karakteristik air baku yang berasal dari sumber air Sungai Bengawan Solo
3. Karakteristik air limbah domestik
4. Perencanaan DED, meliputi
   a. Air bersih
      Bangunan pengolah air bersih dan jaringan penyaluran air bersih

b. Air limbah
   Jaringan saluran air limbah dan bangunan pengolahan air limbah (ABR-ABF)

5. Perhitungan BOQ dan RAB

BAB 2. DASAR TEORI

2.1 Sanitasi

Berdasarkan WHO definisi sanitasi adalah penyediaan sarana dan pelayanan pembuangan limbah kotoran manusia. Sanitasi juga mengacu pemeliharan kondisi higienis melalui usaha pengelolaan sampah dan pengolahan limbah cair. Sanitasi termasuk empat sarana teknologi berhubungan dengan pengelolaan kotoran manusia, sistem pengelolaan dan instalasi pengolahan air limbah, sistem pengelolaan sampah, dan sistem drainase. Sanitasi yang baik tidak bisa terlepas dengan penyedian air bersih. Sesuai keterangan UNICEF sanitasi yang buruk serta air minum yang tidak aman berkontribusi terhadap 88% kematian anak akibat diare.

2.2 Air Bersih

Pelayanan air minum/bersih di suatu kawasan dibagi menjadi 2 , yaitu secara SR (Sambungan Rumah) atau HU (Hidran Umum). Penyedian tersebut dapat berbeda tergantung jenis wilayah. Besar pelayanan penyediaan air minum/bersih di suatu jenis kota dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Kebutuhan Air tiap Kategori Kota

Kategori kota	Jumlah penduduk	Konsumsi air (lt/org.hari)		Jumlah jiwa	
		SR	HU	SR	HU
Metro	> 1000000	190	30	5	100
Besar	500000-1000000	170	30	5	100
Sedang	100000-500000	150	30	5	100
Kecil	20000-100000	130	30	6	100-200
Desa	< 20000	100	30	10	200

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya (2006)

2.2.1 Parameter Air Bersih

Parameter baku mutu air bersih di Indonesia tidak tersedia. Peraturan yang digunakan sebagai acuan adalah peraturan yang membahas parameter air minum yang terdapat pada Lampiran PerMenKes No.492/Menkes/Per/IV/2010. Berikut ini beberapa parameter yang disebutkan di peraturan tersebut.

1. Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan
    a. Parameter mikrobiologi
        1) E.Coli : 0/100 ml sampel
        2) Total bakteri koliform: 0/100 ml sampel
    b. Kimia anorganik
        1) Arsen : 0,01 mg/l
        2) Fluorida : 1,5 mg/l
        3) Total kromium : 0,05 mg/l
        4) Kadmium : 0,003 mg/l
        5) Nitrit, (sebagai NO_2^-) : 3 mg/l
        6) Nitrat, (sebagai NO_3^-) : 50 mg/l
        7) Sianida : 0,07 mg/l
        8) Selenium : 0,01 mg/l
2. Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan
    a. Parameter fisik
        1) Bau : tidak berbau
        2) Warna : 15 TCU
        3) TDS : 500 mg/l
        4) Kekeruhan : 5 NTU
        5) Rasa : tidak berasa
        6) Suhu : ± 3^oC
    b. Parameter kimiawi
        1) Aluminium : 0,2 mg/l
        2) Besi : 0,3 mg/l
        3) Kesadahan : 500 mg/l
        4) Khlorida : 250 mg/l
        5) Mangan : 0,4 mg/l
        6) pH : 6,5-8,5
        7) Seng : 3 mg/l

8) Sulfat : 250 mg/l
9) Tembaga : 2 mg/l
10) Amonia : 1,5 mg/l

Selain parameter di atas juga terdapat parameter tambahan yang dapat dilihat di lampiran permenkes.

2.2.2 Pengolahan Air Bersih

Dalam pengolahan air bersih, air baku yang digunakan dapat berasal dari bermacam sumber yangmana memiliki metode pengolahan yang berbeda-beda tergantung karakteristik air baku tersebut. Sumber air baku dapat berasal dari sungai, danau, air payau, air gambut, air tanah, maupun air limbah. Berikut ini perbandingan tiap jenis air baku dilihat dari aspek kualitas, kuantitas, kontinuitas, dan biaya pengolahan yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Penilaian Air Baku dari Aspek Kualitas, Kuantitas, Kontinuitas, dan Biaya Pengolahan

Sumber	Kualitas	Kuantitas	Kontinuitas	Biaya
Air hujan	Sedikit terpolusi oleh polutan pencemar udara	Tidak memenuhi untuk persediaan umum	Tidak dapat terus-menerus diambil	Murah
Air permukaan (sungai, danau, waduk)	Tidak baik karena tercemar	Mencukupi	Dapat diambil terus-menerus	Relatif mahal
Air tanah dangkal (< 10 m)	Terpolusi	Relatif cukup	Pengambilan dibatasi, berakibat instrusi air laut	Relatif murah
Air tanah dalam (> 60 m)	Relatif baik			Relatif mahal
Mata air	Relatif baik	Sedikit	Tidak dapat diambil secara terus-menerus	Murah

Sumber: Sidharta (1997)

Pada perencanaan ini air baku yang diolah adalah air sungai. Air sungai termasuk di dalam air permukaan. Karakteristik umum air permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Karakteristik Umum Air Permukaan

Karakteristik	**Air permukaan**
Suhu	Bervariasi, tergantung musim
Turbidtas, padatan tersuspensi	Bervariasi, terkadang tinggi
Warna	Disebabkan oleh SS (Clay, algae), kecuali air yang sangat lunak atau asam (asam humat)
Kandungan mineral	Bervariasi, tergantung pada tanah, hujan, effluen, dll
Besi dan mangan	Biasanya tidak ada, kecuali pada dasar danau atau kolam
CO2 agresif	Biasanya tidak ada
Oksigen terlarut	Sering mendekati jenuh, kecuali pada air tercemar
Hidrogen sulfide	Biasanya tidak ada
Ammonium	Ditemukan hanya pada air yang tercemar
Nitrat	Umumnya rendah
Silika	Biasanya sedang
Organisme	Bakteri (patogenik), virus, plankton
Pelarut terklorinasi	Jarang

Sumber: Masduqi & Assomadi (2016)

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), pengolahan minimal yang harus ada dalam mengolah air sungai diantaranya koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Jika kekeruhan tinggi dan terdapat lumpur maka diawal pengolahan diperlukan *screen* dan prasedimentasi. Jika oksigen rendah maka perlu ditambahkan unit aerasi. Dan bila kesadahan tinggi perlu ditambah penurun kesadahan berupa presipitasi kapur/soda-sedimentasi-rekarbonasi. Secara lengkap unit pengolahan air baku sungai dari awal sampai akhir berturut-turut yaitu, *screen*, aerasi, prasedimentasi, koaguasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi,

penurunan kesadahan, dan desinfeksi (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Berikut ini penjelasan unit-unit pengolah air minum/bersih pada air baku sungai.

2.2.2.1 Penyaring Kasar (*Screening*)

Screen digunakan untuk menyaring benda kasar seperti daun, plastik, kayu, kain, botol, bangkai binatang, dan lain-lain.

2.2.2.2 Sedimentasi

Sedimentasi adalah unit pemisahan padatan dengan pengendapan secara gravitasi untuk menyisihkan *suspended solid*. Ada 4 tipe sedimentasi, yaitu tipe I, II, III, dan IV. Tipe I adalah pengendapan partikel deskret yang mengendap secara individual tanpa ada gesekan dengan partikel lain. Prasedimentasi adalah contoh dari sedimentasi tipe I. Tipe II adalah pengendapan partikel flokulen, prinsip kerjanya terjadi interaksi antar partikel sehingga volume meningkat menyebabkan peningkatan kecepatan pengendapan. Contoh tipe II adalah pengendapan partikel flok hasil proses koagulasi-flokulasi. Tipe III adalah pengendapan partikel dengan konsentrasi yang lebih pekat, dimana antar partikel bersama-sama saling menahan pengendapan partikel lain. Tipe III terjadi pada lumpur biologis, biasanya proses tersebut dijumpai di pengolahan air limbah sedangkan di pengolahan air minum jarang ditemui karena tidak menggunakan pengolahan biologis yang menghasilkan lumpur biologis. Tipe IV adalah kelanjutan pengendapan tipe III dimana terjadi pemampatan partikel akibat berat partikel.

2.2.2.3 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-flokulasi adalah proses awal mendahului sedimentasi tipe II, yangmana flokulen yang akan diendapkan adalah hasil kedua proses awal tersebut. Runtutan proses yang terjadi yaitu pada koagulasi akibat pengadukan cepat (*flashmix*) partikel pencemar dan koagulan (sebagai bahan kimia yang ditambahkan di air baku) menjadi tidak stabil, terurai menjadi

partikel bermuatan positif dan negatif. Partikel bermuatan tersebut saling terikat antar partikel dari pencemar dengan koagulan membentuk inti flok (presipitat). Selanjutanya pada proses flokulasi dilakukan pengadukan lambat (*slowmix*) yang mengakibatkan tumbukan secara perlahan-lahan antar flok sehingga flok saling bergabung membentuk massa flok yang semakin besar. Flok tersebutlah yang akan terendapkan nantinya di sedimentasi. Pengadukan dapat dilakukan dengan cara mekanis dan hidrolis. Pengadukan mekanis terdiri atas motor, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*) yang digerakkan dengan motor listrik. Faktor penting pengadukan mekanis adalah G dan td. Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan yang dihasilkan dari energi hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, jatuhan, atau adanya lompatan suatu aliran. Contoh pada *flashmix* dapat berupa terjunan, loncatan hidrolik, dan *parshall flume* dan pada *slowmix* berupa kanal bersekat (*baffled channel*), *perforated wall*, *gravel bed*, dan lain-lain.

2.2.2.4 Filtrasi

Filtrasi adalah proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) dengan melewatkan pada media berpori guna menghilangkan padatan tersuspesi ataupun koloid. Filtrasi diperlukan sebagai penyaring air dari sisa flokulen hasil koagulasi-flokulasi dikarenakan sedimentasi tidak sepenuhnya mengendapkan flokulen. Selain dapat mereduksi padatan filtrasi juga mampu mereduksi bakteri, menghilangkan bau, warna, rasa, kandungan besi dan mangan. Beberapa jenis filtrasi seperti filter pasir cepat memiliki efisiensi antara 90-98% pada kekeruhan influen 5-10 NTU. Dan jika air baku kekeruhannya kurang dari 50 NTU cukup menggunakan filtrasi jenis filter pasir lambat tanpa pengolahan awal yang menduluinya.

2.2.2.5 Penurun Kesadahan

Kesadahan terjadi saat air mengandung ion kalsium atau magnesium yang bereaksi dengan bikarbonat “disebut kesa-

dahan sementara” atau non-bikarbonat (sulfat atau klorida) “disebut kesadahan tetap”. Jumlah kedua jenis kesadahan (tetap dan sementara) disebut kesadahan total. Penurunan kesadahan dilakukan dengan presipitasi dengan menambahkan kapur-soda atau dengan soda kaustik.

2.2.2.4 Desinfeksi

Desinfeksi berfungsi untuk mematikan mikroba patogen. Desinfeksi dapat dilakukan secara kimia ataupun fisik. Jenis bahan kimia yang paling sering digunakan adalah klor karena klor efektif pada konsentrasi rendah, murah, dan membentuk sisa klor jika digunakan pada dosis yang mencukupi. Sedangkan secara fisik seperti pemberian cahaya dan panas. Namun pemanasan kurang sesuai untuk pengolahan air skala besar. Faktor yang perlu diperhatikan dalam desinfeksi yaitu waktu kontak (semakin tinggi waktu kontak maka efisiensi makin tinggi), jenis desinfektan, konsentrasi desinfeksi, suhu (semakin tinggi suhu kematian mikroba semakin cepat), jumlah mikroba, jenis mikroba (bakteri berspora lebih sulit didesinfeksi, dan umumnya bakteri lebih mudah didesinfeksi daripada virus atau kista protozoa).

2.2.3 Perhitungan IPAM

2.2.3.1 Perhitungan Pompa

Pompa dibutuhkan apabila pengaliran tidak bisa dilakukan secara gravitasi. Berikut perhitungan yang digunakan pada pompa.

- $Hl_1 = \left(\frac{Q}{0{,}2785 \times C \times D^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times p$ (2.1)

  Dimana:
  Hl mayor = *headloss mayor* (m)
  Q = debit (m^3/detik)
  C = koefisien Hazen-William
  D = diameter pipa (m)
  p = panjang pipa (m0

- $H = Hl + H\ statik + H\ sisa\ tekan + \frac{v^2}{2g}$ (2.2)

  Dimana:
  H = *head* pompa (m)
  Hl = *headloss* (m)
  H statik = *headloss* statik (m)
  Hl sisa tekan = sisa tekan (m)
  v = kecepatan (m/detik)
  g = percepatan gravitasi (m/detik^2)
- $HHP = \frac{Q \times \rho \times H}{75}$ (2.3)

  Dimana:
  HHP = daya hidrolik pompa (Hp)
  Q = debit (m^3/detik)
  ρ = berat spesifik cairan (kg/m^3)
- $BHP = \frac{HHP}{\eta p}$ (2.4)

  Dimana:
  BHP = daya poros pompa (Hp)
  ηp = efisiensi pompa (60-85%)
- $Nd = \frac{BHP \times (1 + \alpha)}{\eta trans}$ (2.5)

  Dimana:
  Nd = daya penggerak (Hp)
  α = faktor cadangan (untuk motor induksi 0,1-0,2)
  ηtrans = efisiensi transmisi pompa (75-95%)

2.2.3.2 Perhitungan Koagulasi

Ada berbagai macam unit pengolahan secara koagulasi, salah satunya dengan menggunakan pipa, dengan memanfaatkan *headloss* yang terjadi di dalam pipa maka dapat terjadi proses koagulasi di dalam pipa. Berikut rumus yang digunakan pada unit koagulasi tersebut.

- $Hl = \frac{G^2 \times \mu \times td}{\rho \times g}$ (2.6)

  Dimana:
  Hl = *headloss* (m)
  G = gradien kecepatan (detik^{-1})
  μ = viskositas absolut (kg/m.detik)

td = waktu detensi (detik)
ρ = berat spesifik cairan (kg/m^3)
g = percepatan gravitasi (m/$detik^2$)

2.2.3.3 Perhitungan Flokulasi

Ada berbagai macam unit flokulasi salah satunya dengan memanfaatkan dinding berlubang. Dengan menentukan jumlah lubang yang dibutuhkan maka didapatkan nilai gradien kecepatan yang diinginkan sehingga proses flokulasi dapat berlangsung. Berikut rumus yang digunakan pada unit tersebut.

- $Q\ per\ lubang\ = \frac{Q}{n}$ (2.7)

  Dimana:
  Q per lubang = debit tiap lubang (m^3/detik)
  Q = debit total (m^3/detik)
  n = jumlah lubang
- $td\ = \frac{V}{Q}$ (2.8)

Untuk perhitungan gradien kecepatan samdengan unit koagulasi yang telah disebutkan sebelumnya dengan nilai gradien kecepatan dan *headloss* dihitung untuk satu lubang.

2.2.3.4 Perhitungan Sedimentasi

Dalam perencanaan ini sedimentasi berbentuk *rectangular* dengan penambahan *plate settler*. Berikut ini rumus yang digunakan pada untuk menghitung *plate settler*.

- $A\ =\ \frac{Q}{vs} \times \frac{w}{(h.cos\alpha + w.cos^2\alpha}$ (2.9)

  Dimana:
  A = luas *plate settler* (m^2)
  vs = kecepatan pengendapan (m/detik)
  w = jarak antar *plate* (m)
  h = tinggi *plate* (m)
  α = kemiringan *plate* (derajat)

- $l = \frac{h\ x\ sin\alpha}{\sin 90^o}$ (2.10)

  Dimana:

  l = lebar *plate* (m)
- $vh = \frac{Q}{A\ sin\alpha}$ (2.11)

  Dimana:

  vh = kecepatan horizontal (m/detik)
- $Qp = vh \times p \times w$ (2.12)

  Dimana:

  Qp = debit tiap *plate* (m^3/detik)
- $n\ plate = \frac{Q}{Qp}$ (2.13)

  Dimana:

  n plate = jumlah *plate*
- $R = \frac{w}{2}$ (2.14)

  Dimana:

  R = jari-jari hidrolik (m)
- $N_{Re} = \frac{vh \times R}{\upsilon}$ (2.15)

  Dimana:

  N_{Re} = bilangan Reynold

  υ = viskositas kinematis (m^2/detik)
- $N_{Fr} = \frac{vh^2}{g \times h}$ (2.16)

  Dimana:

  N_{Fr} = bilangann Froud

2.2.2.5 Perhitungan Filtrasi

Berikut ini rumus yang digunakan di dalam menghitung unit filtrasi.

- $n = 0{,}25 \times Q^{0,5}$ (2.17)

  Dimana:

  n = jumlah bak filtrasi
- $N_{Re} = \frac{\Psi\ x\ \rho\ x\ d\ x\ v}{\mu}$ (2.18)

  Dimana:

  Ψ = faktor bentuk

  d = diameter pasir (m)

- $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$ $(N_{Re} < 1)$ (2.19)
- $C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{2}{N_{Re}^{0,5}} + 0,34$ $(1 < N_{Re} < 104)$ (2.20)
- $C_D = 0,4$ $(N_{Re} > 104)$ (2.21)

  Dimana:

  C_D = koefisen Drag
- $Hl = \frac{1,067\ x\ (CD\ x\ h\ x\ v2)}{\Psi\ x\ d\ x\ \varepsilon 2\ x\ g}$ (2.22)

  Dimana:

  Hl = *headloss* filtrasi (m)

  H = kedalaman media (m)

  ε = porositas media

2.3 Air Limbah Domestik

Berdasarkan PERMENPUPR No. 04/PRT/M/2017 pengertian air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik yang selanjutnya disingkat SPALD adalah serangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dalam satu kesatuan dengan prasarana dan sarana pengelolaan air limbah domestik.

Air limbah domestik dibagi menjadi dua yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* didefinisikan sebagai air limbah yang berasal dari WC (*water closet*) berupa tinja dan air seni sedangkan *grey water* didefinisikan sebagai air limbah yang dihasilkan dari bekas mandi dan cuci, baik dari dapur maupun kamar mandi selain dari WC. Kuantitas air limbah sekitar 60-70% dari pemakaian air bersih atau bisa juga mengacu pada besaran buangan air limbah di Indonesia yaitu sebesar 100-150 lt/orang.hari (Sidharta, 1997). Khusus untuk WC besaran yang sering digunakan dalam perencanaan sebesar 25 lt/org.hari (Sidharta, 1997). Dan sebagai referensi menurut TTPS (2010) jika air limbah yang dihasilkan lebih dari 30 lt/org.hari besar kemungkinan tanah tidak mampu meloloskan air limbah. Debit tersebut dari literatur tidak disebutkan jenisnya, dan menurut TTPS tipikal debit *grey water* jenis rumah A (buruk) dan B (rumah

sehat) sebesar 20-30 lt/org.hari ditambahkan tinja dan air seni dengan debit masing-masing 0,15 lt/org dan 1,25 lt/org.hari maka dapat diasumsikan beberapa pemukiman air limbah domestiknya berpotensi mencemari lingkungan.

2.3.1 Parameter Air Limbah Domestik

Saat ini parameter air limbah yang digunakan di Indonesia mengacu pada Lampiran I Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Berikut ini adalah nilai baku mutu dari tiap parameter-parameter pada air limbah domestik.

- pH : 6-9
- BOD : 30 mg/l
- COD : 100 mg/l
- TSS : 30 mg/l
- Minyak & lemak : 5 mg/l
- Amoniak : 10 mg/l
- Total koliform : 3000/100 ml
- Debit : 100 l/org/hari

Berikut ini penjelasan parameter air limbah domestik yang telah disebutkan di atas.

2.3.1.1 pH

Nilai pH menunjukkan air limbah bersifat asam atau basa, sedangkan air murni berada pada pH netral yaitu 7. pH netral menunjukkan pengolahan berjalan optimum. Air limbah dengan pH di bawah 5 (asam) dan di atas 9 (basa) sulit untuk diolah, sehingga biasanya ditambah penyagga untuk menyeimbangkan pH (Sasse, 1998).

2.3.1.2 BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah suatu parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik.

2.3.1.3 COD

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. COD menyatakan seluruh bahan organik, baik mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi sehingga BOD ada di dalam COD.

2.3.1.4 TSS

TSS (*Total Suspended Solid*) terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang-layang dalam air. TSS yang tinggi pada badan air dapat menyebabkan pendangkalan dan menghalangi sinar matahari sehingga mengganggu proses fotosintesis.

2.3.1.5 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak termasuk bahan organik *biode-gradable*. Tapi karena sifat fisik parameter tersebut mengapung di atas air dan lengket di alam menyebabkan masalah dalam proses pengolahan air limbah (Sasse, 1998). Menurut Hidayah (2014) dekomposisi lemak oleh mikroorganisme hanya dapat terjadi jika terdapat air, senyawa nitrogen, dan garam mineral. Karena berat jenisnya lebih kecil daripada air maka minyak menutup permukaan sehingga membatasi jumlah oksigen yang masuk ke dalam air.

2.3.1.6 Amoniak

Amoniak NH_3 adalah senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah dan disebut ammonium. Amoniak dalam air berasal dari air seni dan tinja, serta dari oksidasi zat organik ($H_aO_bC_cN_d$) secara mikrobiologis. Amoniak yang terukur di perairan berupa amoniak total (NH_3 dan NH_4^+). Amoniak bebas tidak dapat terionisasi sedangkan ammonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Pada pH 7 atau kurang sebagian besar amoniak akan terionisasi, sebaliknya pada pH > 7 amoniak tak terionisasi dan

bersifat toksik terhadap mikroorganisme akuatik (Effendi, 2000). Senyawa amoniak mudah larut dalam air. Kadar amoniak tinggi bisa sebagai indikasi badan air tercemar limbah domestik, industri, dan pupuk pertanian. Jika oksigen terlarut tinggi maka kandungan amoniak menjadi semakin sedikit, sehingga kadar amoniak semakin bertambah seiring bertambahnya kedalaman (Sundari dkk., 2015)

2.3.1.7 Total Koliform

Bakteri koliform adalah mikroorganisme yang biasa digunakan sebagai indikator, yangmana bakteri tersebut menjadi sinyal untuk menentukan apakah air terkontaminasi oleh patogen atau tidak karena dari semua patogen bakteri tersebut memiliki daya tahan yang lebih tinggi (Doyle dan Erickson, 2006). Contoh koliform seperti *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan lain-lain (Hajna dan Perry, 1943). Menurut Sumampouw dkk (2015) kehadiran bakteri koliform dapat meningkatkan diare pada anak balita. Konsentrasi limbah domestik dari beberapa literatur dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4. Konsentrasi Air Limbah Domestik di Beberapa Lokasi

Limbah	**Konsentrasi**	**Sumber**
Kamar mandi	37-78 mg/l minyak dan lemak	TTPS, 2010
Cucian pakaian	8-35 mg/l minyak dan lemak	
Dapur	1000 mg/l minyak dan lemak	
Limbah domestik di Jakarta	27,61-190,59 mg/l BOD; 138,68-591,24 mg/l COD; 12,5-63,62 mg/l amoniak	Said, 2008
Grey water di Tangerang	121-151 mg/l BOD; 79-700 mg/l COD; 121-127 mg/l TSS; 6-95 mg/l minyak dan lemak; 6,2-8,5 pH	Suoth dan Nazir, 2016
Inlet IPAL di Makassar	272 mg/l BOD; 680 mg/l COD; 202 mg/l TSS; < 0,1 minyak dan lemak; > 24196/100 ml Total koliform	Hidayah, 2014

2.3.2 Pengolahan Air Limbah Domestik

Pengolahan air limbah domestik dapat dikelompokkan menjadi tiga sistem, yaitu sistem setempat, sistem terpusat, dan sistem hibrida. Sistem setempat didefinisikan air limbah (*black water* dan *grey water*) diolah secara setempat, namun kebanyakan di lapangan *grey water* dibuang begitu saja ke sistem drainase. Umumnya Air limbah terolah hanya *black water* dengan menggunakan tangki septik, bisa secara individu atau komunal (antara 5-10 keluarga). Sistem terpusat didefinisikan air limbah domestik *black water* dan *grey water* dialirkan sekaligus menuju IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dari rumah-rumah. Umumnya sistem tersebut menyertakan WC gelontor yang tersambung ke saluran limbah. Air limbah akan dikumpulkan pada satu tempat (bak kontrol) dan dibuang ke saluran melalui satu sambungan rumah. Hal yang perlu diperhatikan dari sistem terpusat jika curah hujan tinggi air limpasan dapat masuk ke saluran air limbah yang dapat menyebabkan menambah beban pengolahan IPAL dan meluapkan air limbah melalui lubang *manhole*. Sistem hibrida merupakan modifikasi kedua sistem sebelumnya dimana hanya air limbah cair saja yang dialirkan ke menuju IPAL sedangkan endapan tinja tertahan di tangki septik. Model SPAL (Sistem Penyaluran Air Limbah) tersebut diantaranya adalah *small bore sewer* dengan WC tersambung dengan tangki pencegat (interseptor).

Pemilihan sistem dapat dengan memerhatikan kepadatan penduduk, dimana berdasarkan Standar Pelayanan Minimal (SPM) daerah dengan kepadatan > 300 jiwa/ha harus telah menerapkan sistem terpusat karena kota tersebut sudah tidak layak untuk sanitasi setempat. Namun persyaratan minimum tersebut masih memerlukan interpretasi lebih lanjut. Dikarenakan kepadatan penduduk berarti kepadatan *netto* tanpa mempertimbangkan tempat umum, jalan, dan lain-lain. Berdasarkan hal tersebut sesuai dengan PP No.16/2005 daerah dengan kepadatan 200-250 jiwa/ha perlu dipertimbangkan. Selain itu referensi lain menyebutkan di India kerapatan rumah 40 rumah/ha atau 150-200 jiwa/ha harus mempertimbangkan penggunaan sanitasi setempat (TTPS, 2010).

Berikut ini beberapa pilihan teknologi pengolahan air limbah domestik yang umum diterapkan untuk sanitasi komunal.

2.3.2.1 Tangki Septik

Tangki septik berupa ruang kedap air di bawah tanah untuk menampung *black water*. Tangki septik memiliki dua ruang dengan ruang pertama 2/3 ruang total. Pipa saluran masuk berbentuk T untuk mempermudah aliran masuk. Pipa keluar berbentuk T untuk mengurangi kotoran dan padatan yang keluar menuju effluen. Terdapat penghalang antara kedua ruangan agar padatan tidak lolos masuk ke aliran limbah keluar. Lumpur tangki septik secara berkala harus dibersihkan saat lumpur dan *scum* mencapai 2/3 kapasitas tangki, umumnya 2-5 tahun. Pada tangki septik pengurangan bakteri patogen, padatan, dan zat organik rendah (TTPS, 2010). Menurut Sasse (1998) efisiensi removal tangki septik sebesar 25-50% COD.

2.3.2.2 ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*)

ABR merupakan tangki septik yang dimodifikasi dengan penambahan beberapa *baffle* di setiap ruang pengolahan. Pada ruang pertama pengolahan secara fisik berupa pengendapan dan ruang berikutnya berupa pengolahan biologi. Cara kerja ABR merupakan gabungan dari tangki septik, *moving bed reactors*, dan *upflow anaerobic sludge blanket reactors*. Perbedaannya dengan MBRs dan UASBs adalah pada *sludge blanket* di ABR tidak mengapung dan tidak perlu penyimpanan effluen dikarenakan lumpur aktif yang terbersihkan di suatu ruang akan terjebak di ruang berikutnya (Sasse, 1998). Rangkaian kompartemen seri ABR membantu dalam mengolah substansi yang sulit didegradasi (Sasse, 1998). Bagian bawah sekat dibengkokkan 45° untuk mengarahkan aliran dan mengurangi aliran pendek (*channelling*). Ruang *downflow* lebih sempit dibanding *upflow* untuk mencegah akumulasi mikroorganisme. Saat *upflow* aliran melewati *sludge blanket* sehingga limbah kontak dengan mikroorganisme aktif.

Akibat aliran dan gas yang dihasilkan, mikroorganisme secara perlahan naik dan membentuk *sludge blanket*, tapi

bergerak horizontal turun ke bagian bawah dengan laju relatif lambat sehingga meningkatkan waktu tinggal sel (*Cell Retention Time*) lebih dari 100 hari pada waktu detensi 20 jam. Hal tersebut juga memisahkan waktu detensi dengan SRT (*Solid Retention Time*) sehingga volume limbah yang akan diolah lebih besar jika dibandingkan reactor tercampur seperti CSTR yangmana HRT=SRT. Mikroorganisme yang tumbuh di setiap kompartemen bermacam-macam tergantung kondisi lingkungan dan materi yang didegradasi sehingga materi organik tiap kompartemen berbeda-beda (Bell, 2002). Mikroorganisme yang bermacam-macam tersebut meningkatkan ketahanan ABR terhadap berbagai variasi influen, temperatur, dan pH. Dikarenakan mikroorganisme tidak tercampur merata maka konsentrasi mikroorganisme yang terbawa keluar di effluen relatif sedikit.

Operasi ABR secara kontinu/sejalan tanpa ada resirkulasi. Kondisi operasi dan proses harus dijaga agar tetap konstan, dengan cara memberikan aliran masuk limbah cair secara konstan. Dalam pengoperasian ABR perlu diperhatikan distribusi *inflow* secara merata yang dapat dicapai dengan tiap kompartemen panjangnya dibuat <50-60% dari ketinggiannya. Dan *outlet* terakhir sebaiknya berada di bawah permukaan air agar *scum* tidak terbawa keluar (Sasse, 1998). ABR memiliki efisiensi penurunan COD sebesar 65%-90% dan BOD sebesar 70%-95% (Sasse, 1998).

Pada perhitungan dimensi bangunan perlu diperhatikan untuk mendesain kecepatan *up-flow* tidak lebih dari 2 m/jam agar menjamin 95% padatan tetap tinggal guna mengurangi kemungkinan *wash out* dan mendukung populasi mikroba agar *anaerobic digestion* 2 fase dapat berlangsung dan *Organic load* didesain di bawah 3 kg COD/m^3hari. Hal lainnya HRT pada fraksi cair (di atas lumpur) tidak boleh kurang dari 8 jam. Nilai HRT terlalu kecil dapat berakibat laju pertumbuhan bakteri tidak cukup dalam mendegradasi air limbah. Dengan memperpanjang HRT kemungkinan *wash out* menjadi makin kecil. Proses maturasi harus dipertahankan pada 3 bulan pertama. Lumpur harus dibersihkan secara teratur dalam jangka waktu tertentu seperti tangki septik. Tapi tetap ada lumpur yang ditinggalkan agar

efisiensi unit terus meningkat. Untuk meningkatkan efisiensi utamanya berhubungan dengan patogen, pada akhir ruang sebaiknya diberi *anaerobic filter*.

Berikut ini kelebihan dan kelemahan yang terdapat pada bangunan pengolah air limbah dengan ABR.

Kelebihan ABR:

- Tahan terhadap *organic and hydraulic shock loads*
- Tidak memerlukan listrik
- Biaya operasi murah
- Umur pelayanan panjang
- Reduksi BOD tinggi
- Produksi lumpur rendah karena lumpur terstabilisasi
- Dapat dibangun di bawah tanah
- Operasi sederhana

Kelemahan ABR:

- Fase *start-up* panjang
- Membutuhkan konstruksi dan desain yang ahli
- Reduksi patogen dan nutrien rendah
- Limbah dan lumpur memerlukan perawatan lebih lanjut dan debit yang sesuai
- Kualitas limbah cepat memburuk jika lumpur tidak dibuang secar teratur
- Butuh air untuk menyiram
- Pedoman desain yang jelas belum tersedia

2.3.2.3 *Anaerobic Biofilter*

Anaerobic filter juga dikenal sebagai *fixed bed* atau *fixed film reactor*. Unit tersebut mengolah padatan yang tidak dapat diendapkan dan padatan terlarut dengan cara membawa padatan tersebut kontak dengan massa bakteri aktif dalam waktu tinggal yang singkat. Massa bakteri bersifat *immobile* atau tidak dapat berpindah, melekat pada media filter dan dinding reaktor. Media filter bisa berupa kerikil, bongkahan arang, atau kepingan plastik.

Semakin besar permukaan media tempat bakteri melekat semakin cepat proses pencernaan oleh bakteri, biasanya 90-300 m^2 setiap m^3 daya tampung volume reaktor. Permukaan filter yang kasar memberikan area yang lebih besar pada fase awal. Bakteri tumbuh akan membentuk kumpulan yang memenuhi media yang disebut *film*. Total luas permukaannya tidak terlalu berpengaruh pada kemampuan filter menerima beban partikel padatan. Jika *film* terlalu tebal maka harus dibersihkan di luar reaktor.

Sekitar 25-30% total massa filter dapat tidak bekerja dikarenakan adanya penyumbatan sehingga mengurangi efisiensi pengolahan. Penyumbatan terjadi saat air limbah hanya melewati beberapa pori-pori saja yang terbuka sebagai akibat aliran terlalu kuat sehingga membawa bakteri keluar dan mengakibatkan waktu retensi menjadi turun. Penymbatan semakin mudah terjadi jika pori-pori filter terlalu kecil seperti pada filter pasir dan kerikil. *Anaerobic filter* dapat dioperasikan secara *upflow* ataupun *downflow*. Biasanya sistem *upflow* lebih sering dipakai guna menghindari resiko bakteri terhanyutkan saat operasi. Tapi di sisi lain pembilasan filter untuk tujuan pembersihan lebih mudah dengan sistem *downflow* (Sasse, 1998). *Start up anaerobic filter* antara 3-9 bulan tergantung substrat dan beban organiknya.

Teknologi ini telah banyak diterapkan untuk mengolah air limbah dengan kandungan padatan tersuspensi rendah dan rasio BOD/COD rendah. *Anaerobic filter* memiliki efisiensi pengolahan 50-80% BOD, 50-80% TSS, dan 60-80% COD (Setiawati, 2016). Dan diliteratur yang lain biofilter dengan media kerikil memiliki efisiensi 80,9% BOD, 77,5% COD, 86,7% TSS, 82% total coli, 53% nitrogen, dan 54% MBAS (Said, 2008). Dengan adanya *Anaerobic filter* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi ABR hingga 85%.

2.3.2.4 Anaerob-Aerob Biofilter

Teknologi pengolahan tersebut adalah teknologi *anaerobic filter* yang dikombinasikan dengan sistem filter aerob. Kelebihan teknologi tersebut berdasarkan Said (2008)

diantaranya, selain dapat mendegradasi kandungan organik (BOD dan COD) juga mampu menghilangkan fosfor dan nitrogen. Dengan waktu tinggal 1-3 hari didapatkan efisinsi 84,7-91% BOD, 79,6-95,3% COD, 94,1-95% SS, 89,3-89,8% amoniak, 83-87% MBAS, dan 44,4-47,3% fosfat. Keunggulan lainnya dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar. Kelemahannya jika dibandingkan dengan teknologi pengolahan yang lain biaya operasi bisa lebih tinggi dikarenakan perlu tambahan daya listrik untuk pengaliran oksigen dengan *blower* guna menjamin proses aerobik dapat berjalan dengan baik.

2.3.2.5 *Constructed Wetland*

Prinsip kerja sistem tersebut yaitu memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganisme di sekitar sistem perakaran tanaman tersebut. Bahan organik air limbah dirombak menjadi senyawa lebih sederhana dan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrien. Sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen untuk sumber energi pada metabolisme mikroorgnaisme. Setiap jenis tanaman akan memiliki kemampuan berbeda dalam menghasilkan oksigen (Supradata, 2005).

Sistem tersebut memiliki efisiensi pengolahan 100% SS, 90,54% NH_4-N, 85,58% BOD_5, 81,08% COD, 68,59% PO_4-P, 31,14% total-N, dan 99,61% *fecal coli* (Kurniade, 2001). Di literatur yang lain sehubungan dengan penurunan total koliform *wetland* jenis SF (*Surface flow*) memiliki efisiensi sebesar 36,7% dan jenis SSF (*Subsurface flow*) memiliki efisiensi sebesar 69,27% (Reinoso dkk, 2008). Kelemahan *wetland* membutuhkan lahan yang luas (Supradata, 2005). Hal lain perlu diperhatikan *wetland* tipe aliran di bawah permukaan membutuhkan pengolahan pendahuluan agar tidak terjadi penyumbatan saat operasi (TTPS, 2010).

2.3.2.6 UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

Cara kerja UASB yaitu influen air limbah domestik masuk dari dasar reaktor, lalu mengalir ke atas (*upflow*) melewati lapisan

lumpur anaerobik (*sludge blanket*). Lumpur tersebut terbentuk dari mikroorganisme yang berkembang dan saling melekat satu sama lain dan karena berat tertentu tidak terbawa oleh aliran naik. Penting agar lumpur tetap tertahan sehingga di bagian atas reaktor dipasang separator yang memisahkan lumpur, air, dan biogas. Pada separator terdapat ruang stasioner tempat lumpur mengendap dan karena gaya tarik bumi dan kembali turun. Perlu diperhatikan kecepatan *upflow* campuran lumpur dan air tidak boleh lebih dari kecepatan pengendapan agar lumpur tetap terapung yaitu dengan kecepatan 0,6-0,9 m/jam (TTPS, 2010). Untuk menjaga agar *sludge blanket* tetap mengapung beban hidrolik harus sesuai dengan kecepatan aliran ke atas dan *organic loading*-nya. Sehingga debit harus selalu dikontrol dan disesuaikan dengan fluktuasi *organic loading*. Umumnya pada unit berukuran kecil fluktuasi aliran yang dihasilkan besar. Hal tersebut tidak menguntungkan dikarenakan dalam meningkatkan HRT maka kecepatan harus diturunkan (Sasse, 1998). Tinggi UASB antara 4-7 m (TTPS, 2010). UASB memiliki HRT antara 4-20 jam.

Kelebihan UASB memiliki efisiensi removal yang tinggi, yaitu 60-90% BOD dan 60-85% TSS (Conradin dkk., 2010) serta efisiensi penurunan COD sebesar 80-90% (Tilley dkk., 2014). Dan di literatur yang lain menyebutkan UASB memiliki efisiensi penurunan total koliform sebesar 99% (CPCB, 2008).

Kelemahan teknologi tersebut pengolahan bisa tidak stabil dengan variasi beban zat organik dan hidrolis, diperlukan sumber listrik konstan, tidak tersedia perlengkapan dan material di lokal, serta memerlukan keahlian dalam perencanaan dan supervisi pembangunan (TTPS, 2010).

2.3.3 Perhitungan ABR

Pada perencanaan ini dioptimalkan penggunaan ABR sebagi pengolah limbah domestik karena tidak butuh lahan yang luas dan mudah dalam pengoperasian. Rumus perhitungan desain *Anaerobic Baffled Reactor* dapat dilihat pada langkah-langkah berikut:

- $HRT = V/Q$ (2.23)

  Dimana:
  HRT = waktu tinggal (hari)
  V = volume (m^3)
  Q = debit (m^3/hari)
- $OLR = \frac{Q \times So}{1000 \times V}$ (2.24)

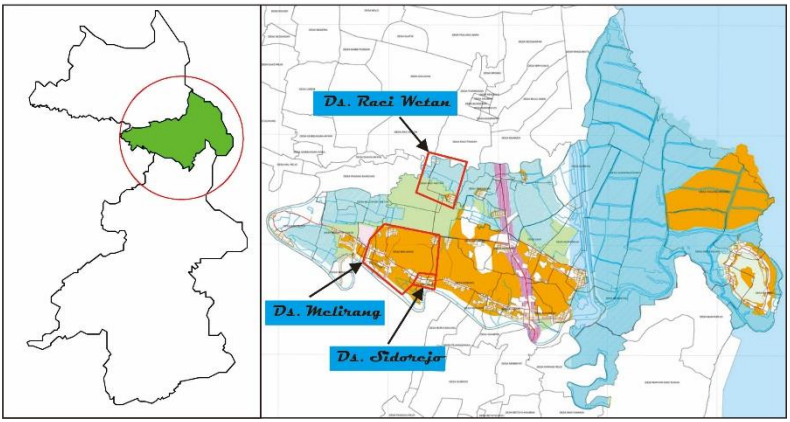
  Dimana:
  OLR = *Organic Loading Rate* (kg/m^3.hari)
  Q = debit (m^3/hari)
  So = konsentrasi BOD (mg/l)
  V = volume (m^3)
- $vup = \frac{Q}{p\ per\ kompartemen \times l}$ (2.25)

  Dimana:
  vup = kecepatan *upflow* (m/jam)
  Q = debit (m^3/jam)
  p per kompartemen = panjang satu kompartemen (m)
  l = lebar (m)

BAB 3. GAMBARAN UMUM

3.1 Gambaran Umum Desa

Perencanaan ini dilakukan di kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik. Wilayah studi terdiri atas tiga desa yaitu di Raci Wetan, Sidorejo, dan Melirang. Berdasarkan data BPS tahun 2016 jumlah penduduk di Raci Wetan, Sidorejo, dan Melirang secara berturut-turut sebesar 1350 jiwa, 1180 jiwa, dan 6055 jiwa dengan luas wilayah masing-masing desa berturut-turut sebesar 4,12 km^2, 0,31 km^2, dan 5,36 km^2. Desa Raci Wetan memiliki luas tanah sebesar 169,6 ha, tanah tambak 90 ha, bangunan atau pekarangan sebesar 11 ha, dan lain-lain sebesar 412,19 ha. Desa Sidorejo memiliki luas tanah sawah sebesar 4,44 ha, tanah kering sebesar 18 ha, bangunan atau pekarangan sebesar 4 ha, dan lain-lain sebesar 4,75 ha. Desa Melirang memiliki luas tanah sawah sebesar 153,37 ha, tanah kering sebesar 179,89 ha, bangunan atau pekarangan sebesar 51,3 ha, dan lain-lain sebesar 151,34 ha. Gambar peta wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Lokasi Wilayah Studi

3.2 Kondisi Sanitasi dan Air Bersih Desa

3.2.1 Raci Wetan

Desa Raci Wetan terdiri atas dua dusun, yaitu Raci Wetan dan Raci Delanyar. Sumber air minum di desa tersebut berasal dari air telaga. Namun penyaluran air tersebut hanya melayani sebagian wilayah Raci Wetan, sedangkan warga di dusun Raci Delanyar tidak bisa memanfaatkan air tersebut dikarenakan jarak antar dusun yang jauh yaitu sekitar ±1500 m. Saat ini wilayah Raci Delanyar dalam memenuhi kebutuhan air bersih seluruh warganya memanfaatkan satu sumur dangkal sedalam ±8 m yang terletak sekitar ±1000 m dari dusun Raci Delanyar dan 500 m dari dusun Raci Wetan. Penyaluran sumur tersebut merupakan bantuan dari UKM PLH SIKLUS ITS yang dibangun tahun 2016 silam. Namun pembangunan tersebut tidak memerhatikan kelayakan kapasitas sumber air, sehingga dimungkinkan beberapa tahun kedepan sumber tersebut tidak mampu memenuhi kebutuhan warga di dusun tersebut. Sumber air lain yang dimanfaatkan desa tersebut adalah sumur payau.

Di dusun Raci Wetan hampir setiap warganya telah memiliki sumur sendiri namun dikarenakan payau air tersebut hanya digunakan untuk keperluan selain konsumsi seperti mandi dan mencuci. Sedangkan di dusun Raci Delanyar hanya sebagian yang memiliki sumur payau sendiri, sedangkan warga lainnya melakukan aktivitas seperti mandi dan cuci di tambak yang terletak sekitar 10 m di sebelah selatan dusun. Gambar sumber air desa Raci Wetan dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Sedangkan untuk pengelolaan limbah domestik, baru sekitar 70% warga yang telah mengolah tinjanya dengan mempergunakan tangki septik pribadi. Pada dusun Raci Wetan seluruh rumah telah memiliki tangki septik pribadi, sedangkan di dusun Raci Delanyar hanya sekitar 30 keluarga dari 67 keluarga yang memiliki secara pribadi dan sebagian lainnya memanfaatkan fasilitas 1 WC umum yang terletak di sebelah utara masjid dusun. Untuk limbah selain tinja seperti bekas mandi dan cuci masih dialirkan ke selokan tanpa diawali pengolahan

pendahuluan sehingga terlihat air selokan berwarna gelap. Gambar pencemaran limbah *grey water* dapat dilihat pada Gambar 3.3.

A **B**

Gambar 3. 2. Dua Sumber Air di Desa Raci Wetan: A. Telaga Raci Wetan, B. Sumur Dangkal Raci Delanyar

Gambar 3. 3. Kondisi Selokan di Desa Raci Wetan

3.2.2 Sidorejo

Desa Sidorejo terdiri atas dua dusun yaitu dusun Wantilan dan dusun Wringin Wok. Desa tersebut berada di sebelah utara sungai Bengawan Solo berjarak sekitar ±500 m.

Kebutuhan air bersih di desa tersebut dipenuhi dari sumur galian yang dimiliki pribadi setiap rumah. Kendala yang dihadapi warga menurut keterangan penangung jawab desa tersebut diantaranya kondisi air mengandung kapur dikarenakan di daerah tersebut dekat dengan lokasi pembakaran kapur dan apabila kemarau panjang perlu dilakukan penggalian lebih dalam untuk mendapatkan air di sumur tersebut.

Untuk limbah domestik hanya limbah WC saja yang terolah dengan menggunakan tangki septik. Saat ini sesuai penjelasan warga, tiap rumah di Sidorejo telah semuanya memiliki tangki septik pribadi, namun warga masih belum bisa menghilangkan kebiasaan buang air besar sembarangan, sehingga masih ada sebagian warga yang buang air besar di sepanjang sungai. Untuk air limbah selain WC langsung dialirkan ke selokan. Karena secara geografis elevasi di desa tersebut menurun maka selokan terlihat kering di daerah yang lebih tinggi namun limbah *grey water* menumpuk di daerah yang lebih rendah. Gambar pencemaran limbah *grey water* dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Gambar 3. 4. Kondisi Selokan di Desa Sidorejo

3.2.3 Melirang

Desa Melirang memiliki 8 dusun yaitu Melirang Wetan, Melirang Kulon, Galalo, Kalimalang, Pereng Kulon, Pereng

Wetan, Nongko, dan Sidodadi. Sumber air minum desa Melirang berasal dari sumur galian yang digunakan secara bersama-sama untuk beberapa rumah, menurut keterangan warga 1 sumur dimanfaatkan 10-12 keluarga. Warga juga menerangkan air tersebut masih belum memenuhi kebutuhan. Untuk limbah domestik, warga telah mengolah limbah *black water* sepenuhnya dengan mempergunakan tangki septik pribadi sedangkan limbah *grey water* masih dialirkan langsung ke selokan. Gambar pencemaran limbah *grey water* dapat dilihat pada Gambar 3.5.

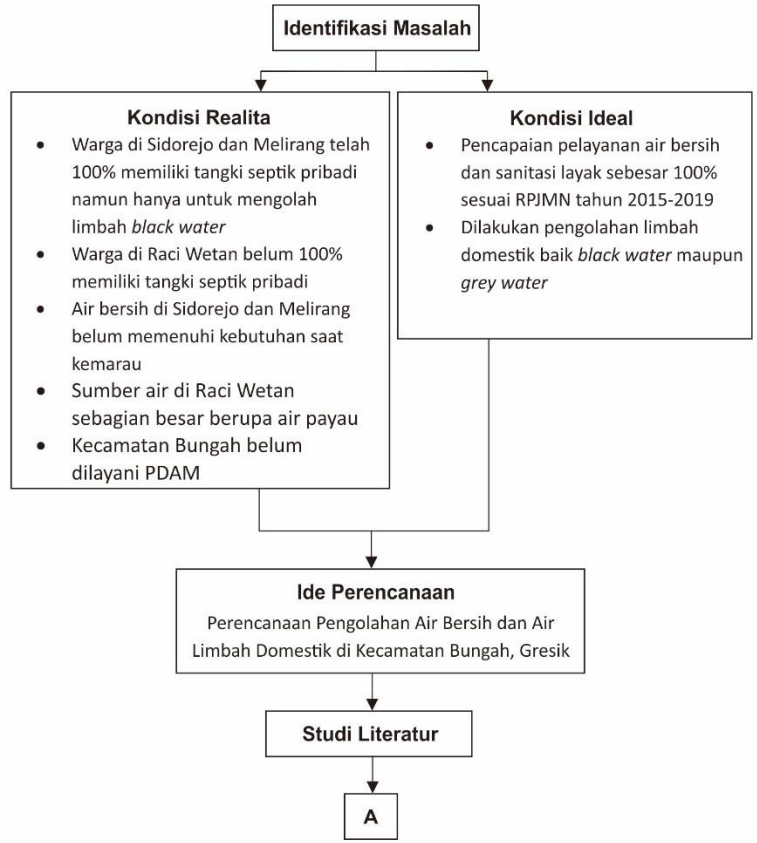
Gambar 3. 5. Kondisi Selokan di Dusun Pereng Kulon, Desa Melirang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

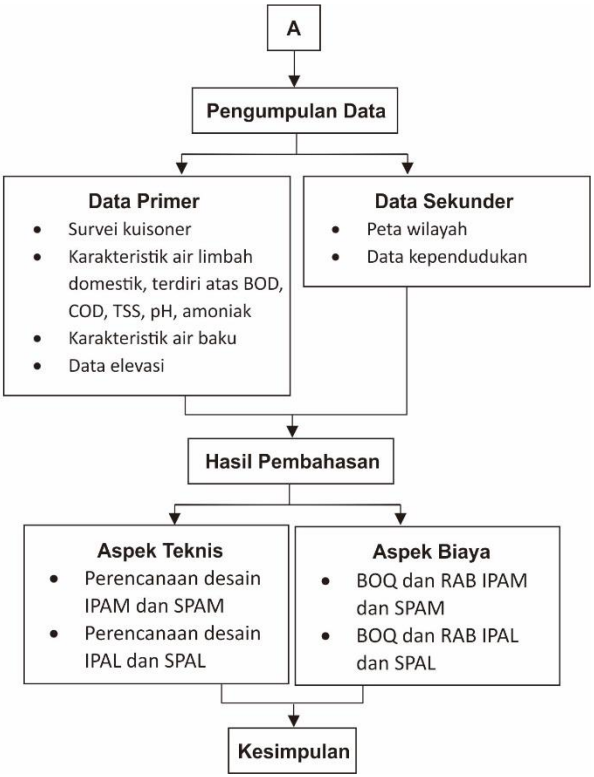
BAB 4. METODE PERENCANAAN

4.1 Gambaran Metode Perencanaan

Pada bab ini akan dibahas metodologi perencanaan tugas akhir, yang terdiri atas identifikasi masalah, ide perencanaan, studi literatur, pengumpulan data, hasil pembahasan, dan kesimpulan. Gambar diagram metode perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.1. dan Gambar 4.2.



Gambar 4. 1. Diagram Metode Perencanaan 1



Gambar 4. 2. Diagram Metode Perencanaan 2

4.1 Uraian Metode Perencanaan

4.1.1 Identifikasi Masalah

Sebelum dilakukan perencanaan pertama diidentifikasi masalah lingkungan yang ada di suatu masyarakat. Selanjutnya ditentukan hasil yang ingin dicapai di dalam tugas akhir terhadap penyelesaian masalah. Sesuai yang telah dijelaskan di latar belakang berikut ini masalah yang dihadapi masyarakat di lokasi desa tersebut.

- Berdasarkan penjelasan warga saat ini baru limbah *black water* saja yang telah diolah dengan tangki septik sedangkan *grey water* masih dibuang ke selokan tanpa ada pengolahan terlebih dahulu.
- Berdasarkan data di lapangan yang didapat dan keterangan warga di Raci Wetan belum semua memiliki tangki septik, khususnya di dusun Raci Delanyar sekitar 35 rumah baik limbah *black water* maupun *grey water* masih dibuang langsung ke lingkungan.
- Berdasarkan penjelasan warga sumur yang dimiliki warga di Sidorejo apabila kemarau panjang memerlukan pengerukan lebih dalam dan air sumur mengandung kapur.
- Berdasarkan penjelasan warga sekitar, sumur yang digunakan beberapa warga di Melirang masih belum mampu memenuhi kebutuhan warga terutama pada saat musim kemarau.
- Di Raci Wetan sebagian besar kebutuhan air berasal dari sumber air payau.
- PDAM tidak melayani Kecamatan Bungah.

Berdasarkan masalah yang telah teridentifikasi tersebut maka direncanakan pengolahan air bersih dan air limbah domestik yang mengolah limbah *black water* dan *grey water* di Raci Wetan, Sidorejo, dan Melirang sehingga diharapkan kondisi ideal yang diinginkan dapat tercapai yaitu sebagai berikut.

- Sanitasi meningkat sesuai dengan RPJMN tahun 2015-2019 yakni 100% pelayanan air bersih dan sanitasi layak.
- Limbah *grey water* tidak lagi dibuang ke selokan /lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu.

4.1.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai acuan dalam menyusun konsep awal perencanaan tugas akhir yang termangkup di dalam dasar teori dan hal-hal lain yang diperlukan sebagai acuan yang

telah teruji dalam merencanaan suatu pengolahan air bersih dan air limbah domestik seperti acuan karakteristik air baku dan air limbah domestik, acuan mendesain bangunan, acuan menentukan biaya, dan lain-lain.

4.1.3 Pengumpulan Data

Dalam perencanaan tugas akhir ini sebenarnya ada banyak data yang dibutuhkan termasuk yang ada di dalam studi literatur tapi pada diagram metode perencanaan lebih dikhususkan sebagai data-data yang dibutuhkan dalam mendesain bangunan pengolah air bersih dan air limbah domestik serta jaringan-jaringan penyaluran air bersih dan saluran air kotor. Data yang dibutuhkan terdiri atas data sekunder (data yang sudah tersedia) dan data primer (data yang didapat melalui uji sendiri). Berikut data-data tersebut.

Data primer,

- Survei kuisoner, menggunakan *simple random sampling*, diketahui total KK berdasarkan BPS dari tiga desa sejumlah 2402 KK, maka dihitung jumlah responden dengan rumus berikut

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

  Keterangan:
  - n = jumlah responden
  - N = jumlah KK
  - e = nilai toleransi
- Karakteristik air limbah domestik, data tersebut dibutuhkan untuk mengetahui konsentrasi awal air limbah sebelum dilakukan pengolahan yang direncanakan. Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan SNI 6989.59:2008 yaitu dengan metode gabungan waktu dan tempat (campuran contoh yang diambil dari beberapa titik dalam satu lokasi pada waktu yang berbeda, dengan volume yang sama). Terdapat dua titik pengambilan sampel uji yaitu di tangki septik untuk mengetahui karakteristik limbah *black water* dan di *output* pipa air

limbah kamar mandi menuju selokan yang tidak tersambung dengan WC untuk mengetahui limbah *grey water*. Kedua titik tersebut diambil di tiap desa masing-masing satu rumah. Setelah diketahui kedua karakteristik air limbah maka dapat diketahui karakteristik air limbah campurannya dengan rumus sebagai berikut.

$$X_{total} = \frac{X_1 \times Q_1 + X_2 \times Q_2}{Q_{total}}$$

Keterangan:

- X_{total} = karakteristik air limbah campuran *black water* dan *grey water*
- Q_{total} = debit total air limbah domestik dianggap 70% dari air minum
- X_1 = karakteristik limbah *black water*
- Q_1 = debit limbah *black water* (berdasarkan survei di lapangan banyaknya siraman gayung ke WC dalam satu hari)
- X_2 = karakteristik limbah *grey water*
- Q_2 = debit limbah *grey water* (selisih dari debit total dengan debit *black water*)

Berikut ini karakteristik air limbah yang akan diuji,

- BOD (SNI 6989.72:2009) metode winkler
- COD (SNI 6989.73:2009) metode titrimetri
- TSS (SNI 06.6989.3:2004) metode gravimetri
- pH (SNI 06.6989.11:2004) dengan pH-meter
- Amoniak (SNI 06.2479:2005) metode nessler

Selain kelima parameter tersebut juga ada parameter minyak dan lemak serta total koliform, namun tidak dilakukan pengujian terhadap kedua parameter tersebut, karena untuk minyak dan lemak telah dipisahkan dari unit IPAL dengan pengolahan pendahuluan yaitu *grease trap*, sedangkan total koliform dianggap konsentrasinya sangat besar sehingga dengan pengolahan terencana menggunakan ABR dan *anaerobic biofilter* masih belum mampu mengatasinya. Karakteristik air baku, dibutuhkan untuk menentukan pengolahan yang sesuai dan untuk mendesain pengolahan yang diharapkan. Pengambilan sampel air baku sesuai dengan SNI 6989.57:2008 mengenai tata cara pengambilan air sungai. Selanjutnya

dilakukan uji kualitas untuk menentukan kriteria air bersih sesuai dengan baku mutu di dalam Lampiran Peraturan Menteri Kesehatan No.492/Menkes/Per/IV/2010. Selain itu juga dilakukan uji lainnya untuk mendesain bangunan, yaitu *jar test* untuk menentukan dosis koagulan dan uji *imhoff cone* untuk mengetahui volume lumpur yang digunakan untuk merancang ruang lumpur pada bangunan pengendap.

- Data elevasi, dibutuhkan untuk menentukan letak bangunan pengolah dan jaringan penyaluran air bersih dan saluran air kotor. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *google earth* yang juga dipastikan di lapangan.

Data sekunder,

- Peta wilayah, dibutuhkan untuk menentukan letak bangunan pengolah beserta jaringan penyaluran air bersih dan saluran air kotor.
- Data kependudukan, dibutuhkan sebagai acuan dalam menentukan kebutuhan air bersih warga dan debit air limbah yang dihasilkan. Persebaran penduduk juga perlu diketahui dalam perancangan jaringan penyaluran air bersih dan saluran air limbah domestik.

4.1.4 Hasil Pembahasan

Dalam perencanaan ini lingkup aspek yang diutamakan adalah aspek teknis dan biaya. Namun bila dimungkinkan ditambahkan aspek lainnya seperti aspek sosial dapat ditambahkan. Berikut ini lebih jelasnya penjabaran kedua aspek pembahasan.

- Aspek teknis, pembahasan teknis/teknologi berupa desain suatu bangunan pengolah air bersih dan air limbah beserta jaringan perpipaanya. Pembahasan tersebut diantaranya berkaitan dengan penentuan teknologi, dimensi, penentuan lokasi pembangunan, pembagian wilayah pelayanan air bersih, penentuan tata

letak sarana prasarana jaringan pipa air limbah berdasarkan kondisi wilayah, profil hidrolis saluran air limbah, penentuan kadar alum dan lain-lain yang perlu ditam-bahkan.

- Aspek biaya, pembahasan biaya dapat berupa pemilihan teknologi, biaya pembangunan, biaya operasi dan perawatan, kesanggupan pendapatan warga dalam menjalankan sistem pengolahan, dan lain-lain. Namun pada perencanaan ini pembahasan biaya hanya pada pada BOQ (yang berisikan deskripsi pekerjaan pembangunan dan volume/kuantitas pekerjaan/bahan) dan RAB (yang berisikan rencana biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit bangunan pengolahan beserta jaringan-jaringannya).

4.1.5 Kesimpulan

Setelah dilakukan pembahasan hasil perencanaan dapat disimpulkan sebagaimana tujuan yang ingin dicapai di dalam pelaksanaan tugas akhir yaitu.

1. Perancangan bangunan pengolah berupa jenis pengolahan air bersih dan air limbah domestik, dan penentuan jumlah kawasan yang akan dilayani jaringan perpipaan air bersih dan air limbah domestik.
2. Besar biaya yang dibutuhkan dalam membangun bangunan pengolah beserta jaringan-jaringannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5. HASIL PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penyebaran Kuisoner

5.1.1 Penentuan Jumlah Responden

Jumlah responden ditentukan menggunakan *simple random sampling*. Berikut ini perhitungannya.

- Total KK dari tiga desa (N) = 2420 KK
- Nilai toleransi (e) = 10%
- $n = \frac{N}{1+Ne^2} = \frac{2420}{1+2420\times(10\%)^2} = 96\ KK$

Dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah responden yang diperlukan minimal 96 KK, namun pada perencanaan ini total responden disebar sebanyak 100 KK.

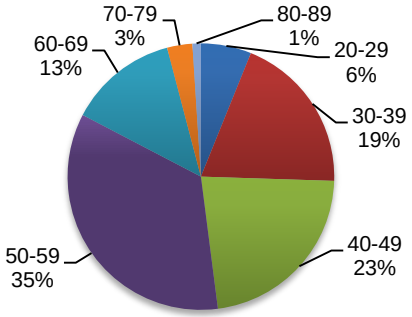
5.1.2 Pembahasan Kuisoner

Telah dilakukan penyebaran kuisoner ke warga sebanyak 100 responden, namun penyebaran tidak bisa merata. Secara rinci jumlah warga yang menjadi responden yaitu 55 dari Raci Wetan, 39 dari Sidorejo, dan 6 dari Melirang. Jumlah responden dari Melirang sangat sedikit karena terdapat beberapa kendala di lapangan. Jumlah tersebut masih belum dapat mewakili kondisi Melirang, namun karena kondisi desanya memiliki kemiripan dengan Sidorejo, seperti sebagian wilayah sama-sama berada di sepanjang akses jalan utama, terletak di sekitar sungai Bengawan Solo, dan akses air masih tergolong memenuhi maka kondisi di Melirang dapat disamakan dengan di Sidorejo. Berikut ini pembahasan hasil kuisoner.

5.1.2.1 Kondisi Respondan

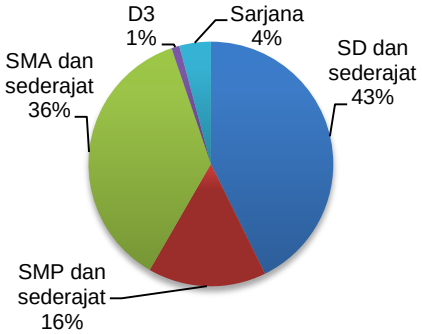
Warga yang menjadi respondan berasal dari berbagai kalangan yang berbeda-beda baik dari jenis umur, jenjang pendidikan, pekerjaan, maupun pendapatan. Pada jenis umur dari 100 kuisoner yang disebar ada 98 kuisoner yang dijawab

warga, yangmana hasil kuisoner menunjukkan sebagian besar responden berasal dari kelompok umur 50-59 tahun yaitu sebanyak 35% yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



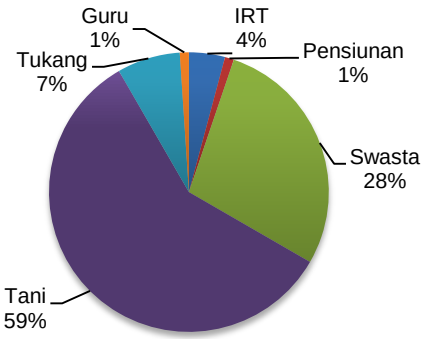
Gambar 5. 1. Diagram Kelompok Umur Responden

Dari jenis pendidikan ada 96 kuisoner yang dijawab warga, dengan sebagian besar responden hanya sampai jenjang SD yaitu sebanyak 43%. Hasil tersebut menunjukkan tingkat pendidikan warga masih sangat rendah, sedangkan untuk warga dengan jenjang pendidikan sarjana jumlahnya masih sangat sedikit yaitu sebesar 4% yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



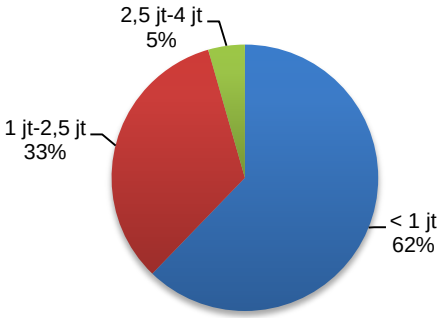
Gambar 5. 2. Diagram Kelompok Pendidikan Responden

Dari jenis pekerjaan ada 96 kuisoner yang dijawab warga, dengan profesi didominasi petani yaitu sebanyak 59% yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3. Diagram Kelompok Pekerjaan Responden

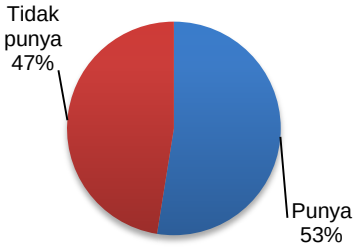
Dari jenis pendapatan ada 90 kuisoner yang dijawab warga, dengan sebagian besar responden tergolong masyarakat berpenghasilan rendah yaitu sebanyak 62% responden peng-hasilannya masih dibawah 1 juta, yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5. 4. Diagram Kelompok Pendapatan Responden

5.1.2.2 Akses Air Bersih

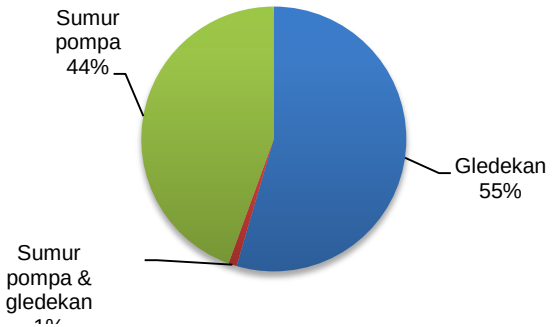
Dari 100 kuisoner yang disebar terkait akses air bersih ada 99 kuisoner yang dijawab warga. Hasil kuisoner menunjukkan 53% warga menyatakan telah memiliki akses air bersih pribadi yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 5. Diagram Jawaban Responden terkait Punya Tidaknya Akses Air Bersih di Rumah

Namun angka ini perlu diteliti lagi dikarenakan yang menjawab “tidak punya” hanya responden dari Raci Wetan yaitu sebesar 85% dari total responden Raci Wetan sendiri, sedangkan wilayah lain menyatakan memiliki akses air bersih. Maka dapat disimpulkan warga dari Sidorejo dan Melirang telah memiliki akses air bersih, sedangkan di Raci Wetan sebagian besar warga masih belum memiliki akses air bersih.

Untuk mengetahui kepemilikan akses air bersih maka dilakukan pendataan sehubungan sumber air bersih. Dari 99 responden yang menjawab, diketahui 44% responden menyatakan menggunakan sumur pompa, 55% responden menyatakan mengambil air dari sumber tertentu dengan menggunakan alat angkut seperti gledekan atau jerigen, dan 1% sisanya menyatakan sumber airnya berasal dari kedua-duanya baik dari sumur yang dipompa maupun mengambil terlebih dahulu dari lokasi pengambilan air. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5. 6. Diagram Asal Sumber Air Bersih responden

Namun hasil inipun juga perlu ditelaah kembali yangmana diketahui responden yang mengambil air dari suatu lokasi, semuanya berasal dari Raci Wetan yaitu sebesar 98% dari total responden desa itu sendiri. Hal ini sesuai dengan keterangan warga di wilayah tersebut yang menyatakan tidak ada sumber air tawar di pemukiman penduduk, sehingga warga harus mengambil air dari lokasi tertentu untuk mendapatkan sumber air tawar. Sedangkan responden yang menyatakan memanfaatkan sumur yang dipompa semuanya berasal dari desa lainnya yaitu dari Melirang dan Sidorejo. Untuk responden yang menjawab berasal dari kedua-duanya sebesar 1% berasal dari Raci Wetan. Hal tersebut tidak sesuai jika dihubungkan penjelasan warga sebelumnya yang menyatakan tidak terdapat sumber air tawar di pemukiman, namun bisa jadi yang dimaksud responden sebesar satu persen tersebut bukan memompa air tawar namun air payau. Hal ini berdasarkan keterangan warga yang menyatakan beberapa rumah memiliki sumur pribadi berupa sumur payau, namun hanya dimanfaatkan untuk kebutuhan non konsumsi, seperti mandi dan cuci.

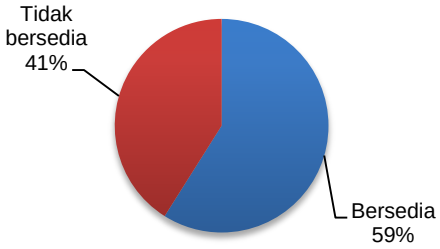
Dengan mengetahui sumber air maka juga dapat diketahui debit kebutuhan air penduduk dengan cara mengetahui lama pemompaan dalam sehari dan jumlah jerigen perharinya. Pompa diasumsikan memiliki debit 10 l/menit (pompa yang biasa

dibeli masyarakat di daerah tersebut) dan jerigen diasumsikan memiliki volume 30 ltr. Dari spesifikasi tersebut didapat hasil rata-rata kebutuhan air penduduk yang dipompa sebesar 242 l/org.hari dan dengan jerigen sebesar 55 l/org.hari. Nilai debit pemompaan termasuk besar karena melebihi standar pelayanan maksimum PU sebesar 190 l/org.hari. Nilai tersebut bisa jadi tidak tepat dikarenakan dalam menjawab kuisoner dimungkinkan hanya sebatas perkiraan, atau dimungkinkan debit pemompaan sebenarnya tidak digunakan untuk satu hari namun beberapa hari.

Sedangkan untuk kebutuhan warga dengan mengangkut dinilai terlalu kecil karena lebih kecil dari debit pelayanan minimum sebesar 60 l/org.hari. Nilai tersebut diperoleh dari hasil survei yang berasal dari Raci Wetan. Hal tersebut realistik karena sesuai pernyataan sebelumnya wilayah tersebut memang kesulitan air bersih. Maka disimpulkan desa yang paling membutuhkan air hanya di Raci Wetan saja.

Namun sumber air terdekat di Raci Wetan berupa air payau, apabila hanya satu desa tidak bisa dilakukan perencanaan IPAM yang khusus melayani wilayah tersebut, dikarenakan pengolahan air payau membutuhkan bahan kimia dan keahlian khusus sedangkan dimunginkan tanggung jawab operasi dan perawatan dikerjakan warga, sehingga jauh lebih baik tanggungjawab diserahkan kepada yang berperan sebagai penyedia air bersih seperti PDAM.

Tapi penentuan pelayanan juga harus memperhatikan ketersedian warga, yangmana dari 95 responden yang menjawab diketahui 59% responden bersedia dilayani air oleh PDAM sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5.7



Gambar 5. 7. Diagram Jawaban Responden terkait Ketersedian Disalurkan Air PDAM ke Rumah

Namun nilai tersebut perlu ditelaah kembali dimana yang menyatakan bersedia hanya berasal dari Raci Wetan dan Melirang sedangkan di Sidorejo tidak ada sama sekali yaitu sebesar 100% responden bersedia dari total responden Raci Wetan sendiri dan 25% bersedia dari total responden Melirang sendiri, namun sebaiknya khusus untuk Melirang tidak dijadikan acuan karena jumlah respondennya yang sedikit. Tapi meskipun sedikit tetap saja di wilayah tersebut ada yang menyatakan bersedia, maka dapat dikatakan di Melirang meski jumlahnya tidak banyak masih ada yang membutuhkan akses air dari PDAM. Sedang untuk Raci Wetan dapat dikatakan seluruh warga bersedia disalurkan air PDAM.

Dari hasil tersebut wilayah Raci Wetan diputuskan dilayani PDAM, namun karena sumber terdekat wilayah tersebut berupa air payau sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya maka pelayanan air bersih tetap dilakukan di tiga wilayah perencanaan. Hal ini juga mengacu pada hasil kuisoner dari 2 responden dari Melirang yang menyatakan bersedia disalurkan air PDAM.

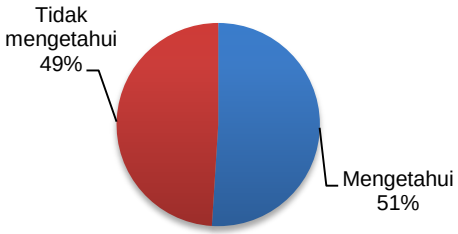
Pelayanan oleh PDAM juga dapat sebagai pemicu masyarakat agar tidak terlalu menggantungkan kebutuhan air bersih dengan menggunakan air tanah mengingat air tanah pengambilannya perlu dibatasi, yangmana jika melihat debit

pemompaan yang sangat tinggi dapat dikatakan warga masih belum mampu membatasi pengambilan air tanah.

Hasil rata-rata debit keseluruhan warga sebesar 149 l/org.hari, namun dalam melayani ketiga desa tersebut digunakan debit minimal pelayanan sebesar 60 l/org.hari dikarenakan prioritas terbesar pelayanan air bersih ditujukan ke Raci Wetan. Sedangkan desa lainnya dianggap belum terlalu bergantung pada air PDAM. Sebagai perencanaan awal diasumsikan masih sedikit warga yang beralih dari sumur ke PDAM sehingga debit pelayanan minimum dirasa sudah sesuai.

5.1.2.3 Kondisi Sanitasi

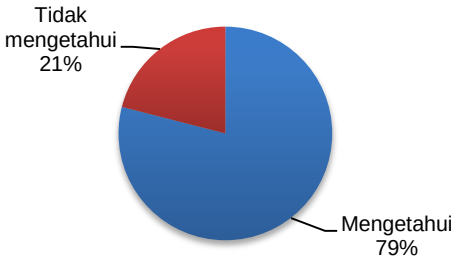
Sehubungan pemahaman warga terkait sanitasi dari 100 responden yang menjawab didapatkan hampir setengah responden menyatakan mengetahui sanitasi yaitu sebanyak 51% yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8. Diagram Jawaban Responden terkait Tahu Tidaknya Sanitasi

Tapi nilai tersebut belum tentu benar karena beberapa warga beranggapan sanitasi masih sekedar kegiatan bersih-bersih, sehingga diperkirakan jumlah responden yang sebenarnya tidak mengetahui masih jauh lebih banyak daripada hasil kuisoner yang didapatkan.

Selain kebersihan lingkungan aspek penting lainnya dari sanitasi yang perlu diperhatikan adalah pengelolaan air limbah domestik, yangmana apabila tidak dikelola dapat mencemari lingkungan dan membawa berbagai jenis penyakit yang membahayakan bagi kesehatan manusia. Jika berdasarkan pengetahuan responden terhadap dampak pembuangan air limbah domestik ke lingkungan, dari 100 responden yang menjawab didapatkan sebagian besar menyatakan mengetahui yaitu sebanyak 79% yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.

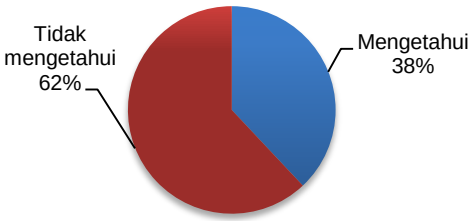


Gambar 5. 9. Diagram Jawaban Responden terkait Tahu Tidaknya Dampak Pembuangan Limbah Domestik ke Lingkungan

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan warga sangat mengerti dampak yang ditimbulkan dari pembuangan limbah secara langsung ke lingkungan. Hal tersebut penting diketahui karena penerapan pengolahan air limbah secara komunal akan lebih potensial berhasil pada masyarakat yang telah sadar buruknya pembuangan limbah langsung ke lingkungan. Tapi pertanyaan dari kuisoner tersebut bisa jadi difahami salah oleh responden. Karena warga belum tentu mengerti yang dimaksud limbah domestik, dimungkinkan warga masih memahami limbah dalam artian umum seperti limbah pabrik.

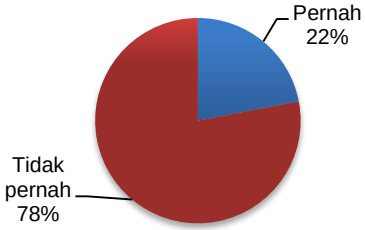
Pengolahan secara komunal dapat menjadi alternatif pilihan untuk mengatasi limbah domestik setelah warga menyadari dampak buruk yang dapat terjadi akibat pembuangan limbah secara langsung ke lingkungan. Terkait pengetahuan

pengolah limbah skala komunal dari 100 responden sebagian besar menyatakan tidak mengetahui yaitu sebanyak 62% yang dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5. 10. Diagram Jawaban Responden terkait Tahu Tidaknya Pengolahan Limbah Domestik secara Komunal

Dengan kondisi warga yang masih sedikit mengetahui, maka apabila diterapkan pengolahan secara komunal masih perlu diperkenalkan terlebih dahulu dan disosialisasikan secara *intern* seperti mengadakan penyuluhan. Jika melihat hasil kuisoner sehubungan pernah-tidaknya responden mengikuti penyuluhan terkait sanitasi dari 100 responden sebagian besar menjawab belum pernah yaitu sebanyak 78% yang dapat dilihat pada Gambar 5.11.

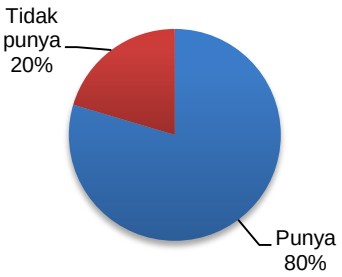


Gambar 5. 11. Diagram Jawaban Responden terkait Pernah Tidaknya Mengikuti Penyuluhan tentang Sanitasi

Dari hasil tersebut bisa jadi penyuluhan tentang sanitasi ke warga masih sangat minim atau mungkin juga minat warga mengikuti penyuluhan masih rendah, sehingga perlu juga dipikirkan metode yang tepat untuk menumbuhkan minat warga pada hal-hal yang berhubungan dengan sanitasi.

Diketahui juga jika hasil tersebut dihubungkan dengan jawaban responden sebelumnya terkait pengetahuan sanitasi dan dampak pembuangan langsung limbah domestik dapat dilihat persentase warga yang pernah mengikuti penyuluhan terlalu sedikit jika dibandingkan dengan persentase warga yang menjawab mengetahui dengan responden yang sama. Sebelumnya juga diketahui masih banyak responden yang tingkat pendidikannya hanya sampai SD, yangmana besar kemungkinan informasi yang didapatkan masih kurang, sehingga diperkirakan masih banyak warga yang belum benar-benar mengetahui tentang sanitasi.

Hal penting lainnya yang perlu diketahui adalah sarana sanitasi seperti pentingnya memiliki WC pribadi dan tangki septik. Untuk kepemilikan WC pribadi dari 98 responden yang menjawab sebagian besar menyatakan telah mempunyai WC yaitu sebanyak 80% responden yang dapat dilihat pada Gambar 5.12.

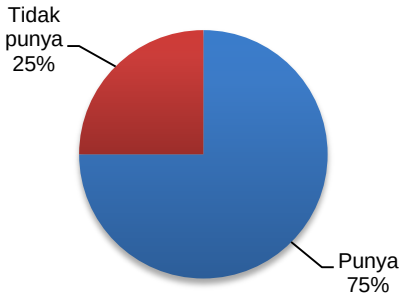


Gambar 5. 12. Diagram Jawaban Responden terkait Punya Tidaknya WC Pribadi

Dari hasil tersebut hanya 20% warga yang masih belum bebas buang air besar sembarangan. Namun jika ditelusuri

kembali responden yang menjawab “tidak punya” hanya berasal dari Raci Wetan, maka warga yang masih belum bebas buang air besar sembarangan hanya sebatas pada desa tersebut. Namun diketahui desa tersebut memiliki 1 buah WC umum yang mungkin dimanfaatkan 20% warga yang tidak memiliki tersebut.

Sedangkan untuk tangki septik dari 96 responden yang menjawab diketahui hanya 25% responden yang belum punya tangki septik pribadi yang dapat dilihat pada Gambar 5.13.

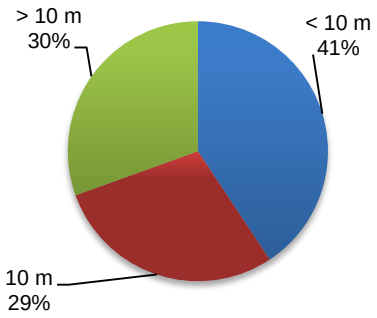


Gambar 5. 13. Diagram Jawaban Responden terkait Punya Tidaknya Tangki Septik pribadi

Hasil tersebut sesuai dengan survei awal yang pernah dilakukan sebelumnya dimana ketiga desa baik Raci Wetan, Sidorejo, maupun Melirang sebagian besar telah memiliki tangki septik pribadi. Jika dikaitkan dengan warga yang tidak memiliki WC nilai ini sesuai dikarenakan persentase warga yang memiliki tangki septik tidak lebih besar dari yang memiliki WC pribadi, yangmana seharusnya warga yang memiliki tangki septik sudah pasti memiliki WC pribadi sehingga persentase yang memiliki tangki septik tidak boleh lebih besar dari persentase kepemilikan WC pribadi.

Terkait tangki septik perlu diperhatikan juga jarak tangki dengan sumber air, yangmana dari 72 responden yang menjawab memiliki tangki septik pribadi ada 59 responden yang menjawab

jarak tangki septik dengan sumber air terdekat, dimana didapatkan 41% penjawab menjawab kurang dari 10 m dari sumber air, 29% penjawab menjawab 10 m, dan 30% penjawab menjawab lebih dari 10 meter. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.14.

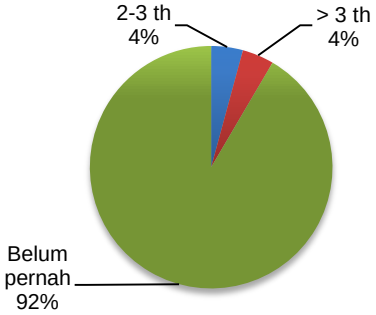


Gambar 5. 14. Diagram Jawaban Responden terkait Jarak Tangki Septik dengan Sumber Air Terdekat

Dari hasil tersebut dapat diketahui ada 30% responden yang pembangunan tangki septiknya tidak sesuai dengan prosedur jarak yang benar yaitu minimal 10 meter dari sumber air terdekat (SNI 03-2398-2002). Ketentuan jarak diperlukan untuk menghindari pencemaran air limbah ke sumber air, yangmana semakin dekat jarak tangki septik dengan sumber air maka semakin potensial mencemari. Tapi dari hasil kuisoner yang menunjukkan sebagian besar responden telah sesuai dengan prosedur jarak yang dipersyaratkan maka dapat dikatakan pencemaran ke sumber air hanya sebagian kecil.

Aspek penting lainnya dari tangki septik adalah jangka waktu pengurasan, yangmana minimal tangki septik perlu dikuras 3 tahun sekali. Untuk 72 responden yang menjawab memiliki tangki septik pribadi ada 71 yang menjawab terkait pertanyaan jangka waktu pengurasan, yangmana ddapatkan 4% penjawab menjawab menguras 2-3 tahun, 4% penjawab menjawab lebih dari 3 tahun, dan 92% sisanya menjawab belum pernah

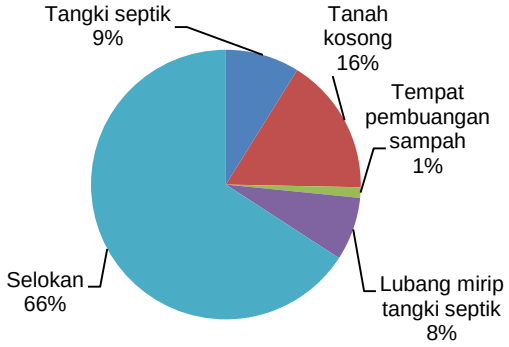
menguras, yangmana hasil kuisoner dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5. 15. Diagram Jawaban Responden terkait Pengurasan Tangki Septik

Namun nilai 92% tersebut perlu ditelaah kembali dikarenakan ada sebagian responden yang umur tangki septiknya masih kurang dari jangka waktu pengurasan yaitu 14% responden yang menjawab belum pernah dikuras umur tangki septiknya kurang dari 3 tahun. Namun ada juga warga yang tangki septiknya berumur lebih dari duapuluh tahun dan tidak pernah dikuras sekalipun sehingga dipastikan besar kemungkinan telah mencemari lingkungan. Asumsi tersebut diperkuat dengan pernyataan salah satu warga di Sidorejo yang mengatakan tangki septik di wilayah tersebut sengaja tidak dibuat kedap atau dasarnya langsung berupa tanah, sedangkan air limbah dibiarkan merembes ke dalam tanah dikarenakan menurut warga tanah disana berupa tanah keras sehingga tanpa diplesterpun sudah mampu menghalangi limbah. Jika berdasarkan standar yang berlaku, tangki septik tersebut tidak sesuai standar pembuatan atau lebih tepat disebut sistem cubluk yangmana tetap berpotensi mencemari lingkungan, sehingga dimungkinkan sebenarnya sebagian besar warga tidak menggunakan tangki septik tapi berupa cubluk.

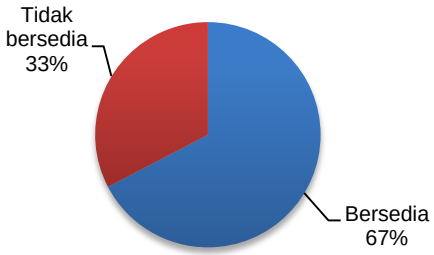
Di dalam pembahasan sanitasi terkait air limbah domestik tidak hanya air limbah dari WC saja yang dikelola, tapi limbah rumah tangga lainnya seperti bekas mandi, cuci piring, cuci pakaian, dan lain-lain juga perlu diperhatikan, dimana dari 79 responden yang menjawab diketahui 9% responden membuang limbah *grey water*-nya ke dalam tangki septik, 16% di tanah kosong, 1% di tempat pembuangan sampah, 8% di lubang mirip tangki septik, dan 66% dibuang ke selokan. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5. 16. Diagram Jawaban Responden terkait Tempat Membuang Limbah *Grey Water*

Dari hasil tersebut bisa disimpulkan masih banyak warga yang membuang limbah *grey water*-nya langsung ke lingkungan yang dapat dilihat jumlah persentase warga yang membuang ke selokan dan ke tanah kosong masih lebih besar dari persentase warga yang membuang limbah *grey water*-nya ke pengolah limbah, yaitu total sebesar 82% responden masih membuang langsung ke lingkungan. Selain itu dengan asumsi sebagian besar warga menggunakan cubluk bukan tangki septik sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dikatakan nilai persentase *grey water* yang mencemari jauh lebih besar dari yang tertera di gambar hasil kuisoner. Dari pembahasan tersebut dapat disimpulkan kondisi sanitasi warga masih sangat buruk, sehingga perlu diadakan unit pengolahan

limbah secara komunal. Jika dari pernyataan 98 responden yang menjawab kuisoner diketahui sebagian besar responden bersedia limbah domestiknya diolah secara komunal, yaitu sebanyak 67% yang dapat dilihat pada Gambar 5.17



Gambar 5. 17. Diagram Jawaban Responden terkait Ketersedian Limbah domestiknya Diolah secara Komunal

Namun nilai tersebut perlu dilihat kembali dimana sebagian besar warga yang menyatakan bersedia berasal dari Raci Wetan dan Melirang yaitu masing-masing sebesar 98% responden dari total responden Raci Wetan sendiri dan 83% dari total responden Melirang sendiri, namun sebaiknya khusus di Melirang tidak dijadikan acuan untuk mewakili kondisi desa tersebut karena jumlah respondenya yang terlalu sedikit. Sedang untuk Sidorejo hanya sebesar 21% bersedia dari total responden Sidorejo sendiri. Dari hasil tersebut disimpulkan hanya warga Raci Wetan saja bersedia limbah domestiknya diolah secara komunal, sedangkan di desa lainnya khususnya Sidorejo sebagian besar masih belum bersedia.

5.2 Penyediaan Air Bersih

5.2.1 Perhitungan Debit

Sebelum direncanakan penyediaan air bersih terlebih dahulu dilakukan proyeksi penduduk. Berikut data dari BPS.

Tabel 5. 1. Jumlah Penduduk Tahun 2009-2015

Desa	Jumlah penduduk (jiwa)						
	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Raci Wetan	1152	1200	1196	1280	1326	1340	1350
Sidorejo	990	991	1000	1114	1135	1154	1180
Melirang	5716	5800	5808	6058	6201	6187	6055
Total	7858	7991	8004	8452	8662	8681	8585

Sumber: BPS Kabupaten Gresik tahun 2016

Berikutnya dilakukan perhitungan pertambahan penduduk yang dilanjutkan dengan pemilihan metode.

Tabel 5. 2. Pertambahan Penduduk

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Pertambahan penduduk	Persen penduduk	Keterangan	Persen terpakai
2009	7858				
2010	7991	133	1,69254		1,69254
2011	8004	13	0,16268		0,16268
2012	8452	448	5,5972	Melebihi batas maks.	
2013	8662	210	2,48462	.	0,21935
2014	8681	19	0,21935		0,21935
2015	8585	-96	-1,1059	Melebihi batas min.	
Total			9,05053		2,29392
Rata-rata persen pertambahan penduduk			1,50842		0,76464
r			0,01508		
Standar deviasi			2,36695		
Batas maksimal			3,87537		
Batas minimal			-0,8585		

Sumber: Perhitungan

Berikut ini pemilihan metode proyeksi,

Tabel 5. 3. Nilai r Metode Aritmatik

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Urutan tahun (X)	Selisih total data tiap tahun (Y)	X*Y	X^2	Y^2
2009	7858					
2010	7991	1	133	133	1	17689
2011	8004	2	13	26	4	169
2014	8681	3	19	57	9	361
Total		6	165	216	14	18219
					r	-0,132

Tabel 5. 4. Nilai r Metode Geometrik

Tahun	Jumlah penduduk (jiwa)	Nomor data tiap tahun (X)	Y= Ln (Penduduk)	X*Y	X^2	Y^2
2009	7858	1	8,969	8,969	1	80,448
2010	7991	2	8,986	17,972	4	80,749
2011	8004	3	8,988	26,963	9	80,779
2014	8681	4	9,069	36,276	16	82,244
Total		10	36,012	90,18	30	324,221
					r	0,867

Tabel 5. 5. Nilai r Metode *Least Square*

Tahun	Nomor data tiap tahun (X)	Jumlah penduduk (jiwa)	X*Y	X^2	Y^2
2009	1	7858	7858	1	61748164
2010	2	7991	15982	4	63856081
2011	3	8004	24012	9	64064016
2014	4	8681	34724	16	75359761
Total	10	32534	82576	30	265028022
				R	0,864

Dari tabel di atas didapatkan nilai r metode aritmatik, geometrik, dan *least square* masing-masing sebesar -0,132, 0,867, dan 0,864. Dikarenakan nilai r 0,867 yang terbesar maka digunakan metode geometrik dalam memproyeksikan penduduk. Berikut ini contoh perhitungan metode geometrik di desa Raci Wetan di tahun 2016.

$$Pn = Po \times (1 + r)^{dn} = 1350 \times (1 + 0{,}015)^{1} = 1370 \text{ jiwa}$$

Berikut ini hasil proyeksi 5 tahun ke depan dari tahun 2016 hingga tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6. Proyeksi Penduduk Tahun 2016-2020

Desa	**Jumlah penduduk (jiwa)**				
	2016	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Raci Wetan	1370	1391	1412	1433	1455
Sidorejo	1198	1216	1234	1253	1272
Melirang	6146	6239	6333	6429	6526
Total	8714	8846	8979	9115	9252

Sumber: Perhitungan

Selain proyeksi penduduk juga dilakukan proyeksi fasilitas umum. Untuk melakukan proyeksi perlu diketahui fasilitas umum di tiga desa tersebut. Berdasarkan data BPS fasilitas umum terdiri atas 1). Fasilitas pendidikan dari SD sampai SMA, 2). Fasilitas kesehatan seperti puskesmas, praktik bidan, dan poskesdes, 3). Fasilitas ibadah seperti masjid dan surau, 4). Industri terdiri atas industri kecil dan sedang. Namun tidak semua fasilitas diproyeksikan, yaitu praktik bidan, poskendes, dan industri kecil tidak diproyeksikan dikarenakan dianggap bergabung dengan rumah warga. Berikut ini jumlah tiap fasilitas umum yang akan diproyeksikan.

Tabel 5. 7. Fasilitas Umum

Fasilitas	Raci Wetan	Sidorejo	Melirang
Sekolah	2	3	18
Ibadah	6	3	31
Puskesmas			1
Industri sedang			2

Sumber: BPS

Setelah diketahui jumlah fasilitas maka dapat dilakukan perhitungan proyeksi fasilitas. Berikut contoh perhitungan proyeksi fasilitas pendidikan tahun 2016 di desa Raci wetan.

- $Fn = \frac{Pn}{Po} \times Fo = \frac{1370}{1350} \times 2 = 2$ buah

Berikut hasil proyeksi tiap fasilitas di wilayah perencana-an tahun 2016-2020.

Tabel 5. 8. Proyeksi Fasilitas Pendidikan Tahun 2016-2020

Desa	Jumlah fasilitas				
	2016	2017	2018	2019	2020
Raci Wetan	2	2	2	2	2
Sidorejo	3	3	3	3	3
Melirang	18	19	19	19	19
Total	23	24	24	24	25

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 9. Proyeksi Fasilitas Ibadah Tahun 2016-2020

Desa	Jumlah fasilitas				
	2016	2017	2018	2019	2020
Raci Wetan	6	6	6	6	6
Sidorejo	3	3	3	3	3
Melirang	31	32	32	33	33
Total	41	41	42	42	43

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 10. Proyeksi Fasilitas Kesehatan Tahun 2016-2020

Desa	Jumlah fasilitas				
	2016	2017	2018	2019	2020
Raci Wetan	0	0	0	0	0
Sidorejo	0	0	0	0	0
Melirang	1	1	1	1	1
Total	1	1	1	1	1

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 11. Proyeksi Industri Tahun 2016-2020

Desa	Jumlah fasilitas				
	2016	2017	2018	2019	2020
Raci Wetan	0	0	0	0	0
Sidorejo	0	0	0	0	0
Melirang	2	2	2	2	2
Total	2	2	2	2	2

Sumber: Perhitungan

Setelah dilakukan proyeksi maka dalam perencanaan air bersih perlu dihitung debit yang dibutuhkan setiap desa. Berikut ini kriteria yang direncanakan.

- Perencanaan dilakukan pada tahun 2020, dengan asumsi lama pembangunan IPAM dan pemasangan instalasi pemasangan pipa sampai ke rumah dibutuhkan waktu 2 tahun yaitu pada tahun 2018-2019 dan pelayanan air bersih mulai beroperasi di tahun 2020. Pelayanan tidak diproyeksikan lebih dari tahun 2020 dikarenakan beberapa alasan, yaitu 1). Data BPS yang diperoleh hanya 5 tahun sehingga hanya diproyeksikan 5 tahun kedepan, 2). Prioritas terbesar pelayanan di wilayah Raci Wetan yang apabila dilihat dari petanya yang diapit persawahan cukup sulit dilakukan pengembangan wilayah sehingga diperkirakan kebutuhan penduduk tidak banyak berubah, 3). Desa lain yang dimungkinkan mampu berkembang masih banyak yang bergantung pada air tanah sehingga pelayanan di tahun tersebut dimungkinkan tidak maksimal dimanfaatkan warga, maka diperkirakan tahun berikutnya kebutuhan air yang harus dilayani tidak banyak berubah.
- Kebutuhan air penduduk digunakan 60 l/org.hari (SPM).
- Kebutuhan air hidran umum digunakan 30 l/org.hari dengan 1 HU melayani 200 penduduk (PU).
- Kebutuhan air fasilitas pendidikan/sekolah digunakan 15 l/siswa.hari (PU). Jumlah siswa ditentukan dengan merata-rata jumlah siswa SD dengan sekolah SD di wilayah tersebut berdasarkan data BPS yaitu sebagai berikut.

  Jumlah siswa= $\frac{Total\ siswa}{Total\ sekolah} = \frac{206}{3} = 68{,}67$siswa dianggap 70 siswa.
- Kebutuhan air fasilitas ibadah digunakan 1 m^3/unit.hari (PU).
- Kebutuhan air fasilitas kesehatan/puskesmas digunakan 1 m^3/unit.hari (PU).
- Kebutuhan air industri digunakan 0,25 l/det.ha (PU). Pada perencanaan digunakan 1 contoh industri di wilayah tersebut yang diukur luasnya dengan *google earth* dan dipatkan seluas 0,19 Ha
- Kehilangan air dari rentang 20-30% (PU) dipilih sebesar 30% dikarenakan pemasangan bisa jadi dilakukan

warga sekitar sehingga tidak sesuai prosedur yang benar dan kondisi tanah desa yang tidak rata dan keras dimungkinkan kebocoran besar.

- Faktor jam puncak ditentukan berdasarkan jenis pekerjaan, dimana wilayah studi didominasi oleh petani yang memiliki faktor hari maksimum sebesar 1,29 namun di wilayah tersebut juga terdapat warga yang berprofesi sebagai wiraswasta yang memiliki faktor hari maksimum sebesar 1,63 (Syahputra, 2006). Dalam hal ini dipilih faktor yang terbesar dikarenakan diharapkan mampu memenuhi warga dengan jam puncak terbesar. Namun nilai tersebut lebih kecil dari standar PU sebesar 1,65. Dikarenakan untuk meminimalkan kebutuhan dimensi pipa maka tetap digunakan faktor jam puncak 1,63.
- Faktor hari maksimum sesuai profesi diketahui wiraswasta sebesar 1,5 dan petani sebesar 1,26 (Syahputra, 2006). Nilai tersebut jauh lebih besar dari standar PU yaitu sebesar 1,2. Dalam perencanaan ini digunakan faktor hari maksimum sesuai PU yaitu 1,2 dikarenakan untuk meminimalkan kebutuhan dimensi IPAM.
- Pelayanan warga Raci wetan sebesar 100% dengan rincian 100% SR dan 0% HU, Seluruh warga dilayani dikarenakan mengacu pada hasil kuisoner dimana 100% responden menyatakan bersedia disalurkan air PDAM,
- Warga desa Sidorejo dan Melirang tidak semua dilayani, jika mengacu pada SPM daerah kondisi buruk dilayani sebesar 50% dan kondisi sedang dilayani sebesar 70%. Pada perencanaan ini kedua wilayah tersebut dilayani sebesar 60% karena kondisi sanitasinya tidak terlalu buruk, dengan perincian 0% SR dan 100% HU dikarenakan banyak warga masih menggunakan air tanah.

Berikut ini rincian debit masing-masing desa.

Tabel 5. 12. Kebutuhan Air Penduduk

Uraian	Satuan	Tahun 2020		
		Raci Wetan	Sidorejo	Melirang
Kebutuhan Air Domestik				
Jumlah penduduk	orang	1455	1272	6526
Presentase pelayanan	%	100	60	60
Penduduk terlayani	orang	1455	763	3915
Sambungan Rumah (SR)				
Penduduk terlayani		0	0	0
Presentase pelayanan	%	100	0	0
Penduduk terlayani	orang	1455	0	0
Unit konsumsi	l/org.hari	60	60	60
Pemakaian	l/dtk	1,01	0	0
Hidran Umum (HU)				
Presentase pelayanan	%	0	100	100
Penduduk terlayani	orang	0	763	3915
Jiwa per HU	org/unit	200	200	200
Jumlah HU	unit	0	4	20
Unit konsumsi	l/org.hari	30	30	30
Pemakaian	l/dtk	0	0,26	1,36
Kebutuhan Air Fasilitas Sekolah				
Jumlah	unit	2	3	19
Unit konsumsi	l/siswa.hari	15	15	15
Jumlah siswa	siswa	70	70	70
Pemakaian	l/dtk	0,03	0,04	0,24
Kebutuhan Air Fasilitas Ibadah				
Jumlah	unit	6	3	33
Unit konsumsi	m3/unit.hari	1	1	1

Uraian	Satuan	Tahun 2020		
		Raci Wetan	Sidorejo	Melirang
Pemakaian	l/dtk	0,07	0,04	0,39
Kebutuhan Air Fasilitas Puskesmas				
Jumlah	unit	0	0	1
Unit konsumsi	m3/unit.hari	1	1	1
Pemakaian	l/dtk	0	0	0,01
Kebutuhan Air Industri Sedang				
Jumlah	unit	0	0	2
Unit konsumsi	l/dtk.ha	0,25	0,25	0,25
Luas	ha	0,19	0,19	0,19
Pemakaian	l/dtk	0,0	0,0	0,1
Q total	l/dtk	1,11	0,34	2,1
Persentase Q kebocoran	%	30	30	30
Q kebocoran	l/dtk	0,33	0,1	0,63
Q rata-rata	l/dtk	1,44	0,44	2,73
Q jam puncak	l/dtk	2,36	0,72	4,44
Q hari maksimum	l/dtk	1,73	0,53	3,27

Sumber: Perhitungan

Debit tersebut dikoreksi kembali pada besar debit fasilitas umum, dikarenakan jumlah penduduk kecamatan Bungah antara 20.000-100.000 jiwa (tergolong kota kecil) maka seharusnya sesuai standar PU debit fasilitas antara 15-30% kebutuhan domestik. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\%debit\ fasilitas = \frac{total\ debit\ fasilitas}{total\ debit\ domestik} \times 100\%$$

Didapatkan persentase debit fasilitas tiap desa yaitu, Raci Wetan sebesar 10%, Sidorejo sebesar 29%, dan Melirang 54%. Sehingga diketahui di Raci Wetan kurang dari kisaran, Sidorejo berada diantara kisaran, dan Melirang melebihi kisaran. Maka

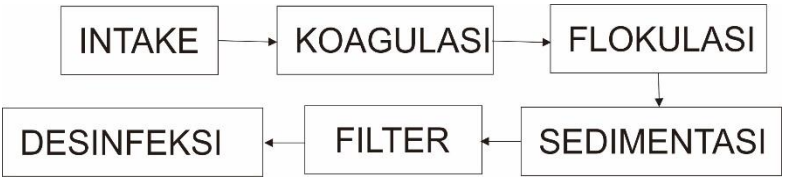
khusus untuk wilayah Melirang yang lebih besar dari standar PU persentase kebutuhan air fasilitas umum diganti sebesar 30% yaitu lebih besar dari persentase Sidorejo karena di Melirang jumlah warganya lebih banyak dan terdapat industri yang dimungkinkan butuh debit besar. Sehingga debit total desa Melirang menjadi, Q rata-rata sebesar 1,77 l/dtk, Q jam puncak sebesar 2,88 l/dtk, dan Q hari maksimum sebesar 2,12 l/dtk. Untuk desa Raci Wetan tetap menggunakan persentase 10% dikarenakan dianggap perhitungan debit fasilitas sudah tepat didasarkan debit yang dibutuhkan tiap fasilitas yang tersedia di desa tersebut. Setelah diketahui debit masing-masing desa maka didapatkan debit total yang dibutuhkan, yaitu Q rata-rata sebesar 3,66 l/dtk, Q jam puncak sebesar 5,96 l/dtk, dan Q hari maksimum sebesar 4,39 l/dtk.

5.2.2 Perencanaan Bangunan Pengolah Air Bersih

Dalam melayani ketiga desa digunakan air baku dari sungai Bengawan Solo yang letaknya paling dekat dengan ketiga desa tersebut. Debit Bengawan Solo diperkirakan lebih dari 5 m^3/detik sehingga sampel air diambil sekitar 1/3 jarak atau 20 m dari tepi. Dari sampel yang didapatkan hasil uji lab menunjukkan pada titik tersebut memiliki kekeruhan sebesar 2,6 NTU. Nilai tersebut bisa dikatakan sangat kecil, sehingga dimungkinkan pengolahan hanya membutuhkan filtrasi. Dikarenakan diasumsikan air yang diolah dibagian tepi maka dilakukan pengambilan sampel di titik tersebut. Dan didapat di titik sekitar 10 m kekeruhan sebesar 60 NTU dan di titik sekitar 1 m kekeruhannya sebesar 300 NTU.

Pada perencanaan IPAM digunakan debit hari maksimum sebesar 4,39 l/dtk. Selain itu perlu ditambahkan debit untuk kebutuhan internal IPAM, direncanakan sebesar 10% sehingga debit total perencanaan menjadi 4,83 l/dtk. pengolahan yang digunakan, pertama air dari sungai dibawa ke *intake* lalu disalurkan dengan pompa ke IPAM, di IPAM air diolah dengan unit koagulasi dan flokulasi, kekeruhannya diendapkan di unit sedimentasi, sisa kekeruhan dari sedimentasi yang masih terbawa disaring deng filter cepat, hasil akhir guna meningkatkan

kualitas air di desinfeksi dengan menggunakan gas klor, untuk selanjutnya air hasil olahan ditampung di reservoir. Grafik tahapan pengolahan dapat dilihat pada Gambar 5.18.



Gambar 5. 18. Tahapan Pengolahan Air Bersih

Berikut perhitungan lengkapnya unit-unit tersebut, namun tahapan unit yang dihitung dimensinya tidak secara berurutan sesuai dengan tahapan pengolahan untuk menyesuaikan dimensinya.

5.2.2.1 Flokulasi

Direncanakan:

- Terdapat 3 bak dengan satu bak sebagai cadangan
- Q = 4,83 l/detik = 0,004826 m^3/detik
- Suhu dianggap 25° C, sehingga diketahui:
    - $\upsilon = 0{,}8975 \times 10^{-6}$ m^2/detik
    - μ = 0,000895 kg/m.detik
    - ρ = 997,07 kg/m^3
- g = 9,81 m/$detik^2$
- Bak tiap kompartemennya disusun dari atas ke bawah untuk meminimalkan luas lahan. Digunakan plat berlubang karena dirasa tidak terlalu membutuhkan lahan yang luas.
- Gradien kecepatan (G) dan waktu detensi (td) ditentukan menjadi beberapa kompartemen untuk memenuhi Gtd kriteria desain. Nilai G dibuat semakin rendah atau pengadukan semakin lambat agar saat membentuk flok, flok yang dihasilkan tidak pecah kembali. Menurut Hadi (2012) waktu detensi tiap kompartemen berkisar antara 5-10 menit. Pada perencanaan ini digunakan waktu

detensi 5 menit agar bangunan tidak terlalu besar. Berikut pembagian kompartemennya:

- Kompartemen 1: G = 50 /detik & td = 5 menit
- Kompartemen 2: G = 40 /detik & td = 5 menit
- Kompartemen 3: G = 30 /detik & td = 5 menit
- Kompartemen 4: G = 25 /detik & td = 5 menit
- Kompartemen 5: G = 20 /detik & td = 5 menit
- Kompartemen 6: G = 10 /detik & td = 5 menit

Dari pembagian tersebut telah memenuhi kriteria desain flokulasi air sungai dimana menurut Masduqi & Assomadi (2012), gradien kecepatan flokusi antara 50/detik sampai 10/detik, waktu tinggal minimum 20 menit dan Gtd minimum 48000. Pada perencanaan ini nilai td sebesar 30 menit dan Gtd sebesar 52500.

- Lebar = 0,8 m
- Panjang = 1,2 m
- Tebal plat/sekat = 10 cm
- Sekat 1 sampai 3 menggunakan lubang berdiameter 2 cm dan sekat 4 sampai 6 menggunakan lubang berdiameter 4 cm
- Kekasaran yang digunakan sedang tidak terlalu halus tapi juga tidak terlalu kasar. Pada perencanaan ini koefisien Hazen-William digunakan C= 110

Perhitungan:

- Karena 2 bak yang dioperasikan maka debit dibagi:
  $Q = 0{,}004826\ \mathrm{m}^3/\mathrm{detik} \div 2 = 0{,}002413\mathrm{m}^3/\mathrm{detik}$
- Dihitung kedalaman tiap kompartemen sebagai berikut:
  - $h_1 = \frac{Q \times td}{p \times l} = \frac{0{,}002413\ m^3/detik \times 300\ detik}{1{,}2\ m \times 0{,}8\ m} = 0{,}754\ m$

  Kedalaman dibulatkan menjadi 0,76 m agar waktu detensi kompartemen tetap memenuhi kriteria desain. Dikarenakan total kedalaman terlalu dalam maka bak dibagi menjadi 2 bagian.
- Pada perencanaan flokulasi dengan sekat berlubang ini tidak akan pernah mencapai nilai Gtd yang diinginkan dikarenakan pengadukan pada lubang setebal 10 cm hanya dapat terjadi sekian detik sehingga waktu detensi

5 menit tidak mungkin dicapai. Maka dalam perencanaan ini pengadukan yang dimaksud dianggap sebagai pengadukan untuk mengaduk sebesar volume air di kompartemen bukan selama waktu di kompartemen. Dengan mencoba-coba ditentukan jumlah lubang sebagai berikut:

- $n_1 = 67$

  $Q_1 = \frac{Q}{n} = \frac{0{,}002413\ m^3/detik}{67} = 0{,}000036\ m^3/detik$

  $Hl_1 = \left(\frac{Q}{0{,}2785 \times C \times D^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times p$

  $= \left(\frac{0{,}000036\ m^3/detik}{0{,}2785 \times 110 \times (0{,}02\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 0{,}1\ m = 0{,}000198\ m$

  $td_1 = \frac{V}{Q} = \frac{\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}02\ m)^2 \times 0{,}1\ m}{0{,}000036\ m^3/detik} = 0{,}87\ detik$

  $Cek\ G_1 = \left(\frac{Hl \times \rho \times g}{\mu \times td}\right)^{0{,}5}$

  $= \left(\frac{0{,}000198\ m \times 997{,}07 \frac{kg}{m^3} / \times 9{,}81\ \frac{m}{detik^3}}{0{,}00089\ \frac{kg}{m.detik} \times 0{,}87\ detik}\right)^{0{,}5}$

  $= 49{,}8\ /detik$(sesuai G rencana 50 /detik)

  $v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}000036\ m^3/detik}{\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}02\ m)^2} = 0{,}115\ m/detik$

- $n_2 = 78$

  $Q_1 = \frac{0{,}002413\ m^3/detik}{78} = 0{,}000031\ m^3/detik$

  $Hl_1 = \left(\frac{0{,}000031\ m^3/detik}{0{,}2785 \times 110 \times (0{,}02\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 0{,}1\ m = 0{,}000149\ m$

  $td_2 = \frac{\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}02\ m)^2 \times 0{,}1\ m}{0{,}000031\ m^3/detik} = 1\ detik$

  $Cek\ G_2 = \left(\frac{0{,}000149\ m \times 997{,}07 \frac{kg}{m^3} / \times 9{,}81\ \frac{m}{detik^3}}{0{,}00089\ \frac{kg}{m.detik} \times 1\ detik}\right)^{0{,}5}$

  $= 40{,}1\ /detik$(sesuai G rencana 40 /detik)

  $v_2 = \frac{0{,}000031\ m^3/detik}{\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}02\ m)^2} = 0{,}099\ m/detik$

- $n_3 = 96$

  $Q_3 = \frac{0{,}002413\ m^3/detik}{96} = 0{,}000025\ m^3/detik$

  $Hl_3 = \left(\frac{0{,}000025\ m^3/detik}{0{,}2785 \times 110 \times (0{,}02\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 0{,}1\ m = 0{,}000102\ m$

$$td_3 = \frac{\frac{1}{4}\times 3{,}14\times(0{,}02\ m)^2\times 0{,}1\ m}{0{,}000025\ m^3/detik} = 1{,}25\ detik$$

$$Cek\ G_3 = \left(\frac{0{,}000102\ m\times 997{,}07\frac{kg}{m^3}/\times 9{,}81\ \frac{m}{detik^3}}{0{,}00089\ \frac{kg}{m.detik}\times 1{,}25\ detik}\right)^{0{,}5}$$

$= 29{,}8\ /detik$(sesuai G rencana 30 /detik)

$$v_2 = \frac{0{,}000025\ m^3/detik}{\frac{1}{4}\times 3{,}14\times(0{,}02\ m)^2} = 0{,}08\ m/detik$$

- $n_4 = 20$

$$Q_4 = \frac{0{,}002413\ m^3/detik}{20} = 0{,}000121\ m^3/detik$$

$$Hl_4 = \left(\frac{0{,}000121\ m^3/detik}{0{,}2785\times 110\times(0{,}04\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 0{,}1\ m = 0{,}000064\ m$$

$$td_4 = \frac{\frac{1}{4}\times 3{,}14\times(0{,}04\ m)^2\times 0{,}1\ m}{0{,}000121\ m^3/detik} = 1{,}04\ detik$$

$$Cek\ G_4 = \left(\frac{0{,}000064\ m\times 997{,}07\frac{kg}{m^3}/\times 9{,}81\ \frac{m}{detik^3}}{0{,}00089\ \frac{kg}{m.detik}\times 1{,}04\ detik}\right)^{0{,}5}$$

$= 25{,}8\ /detik$(sesuai G rencana 25 /detik)

$$v_4 = \frac{0{,}000121\ m^3/detik}{\frac{1}{4}\times 3{,}14\times(0{,}04\ m)^2} = 0{,}096\ m/detik$$

- $n_5 = 24$

$$Q_5 = \frac{0{,}002413\ m^3/detik}{24} = 0{,}000101\ m^3/detik$$

$$Hl_5 = \left(\frac{0{,}000101\ m^3/detik}{0{,}2785\times 110\times(0{,}04\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 0{,}1\ m = 0{,}000045\ m$$

$$td_5 = \frac{\frac{1}{4}\times 3{,}14\times(0{,}04\ m)^2\times 0{,}1\ m}{0{,}000101\ m^3/detik} = 1{,}25\ detik$$

$$Cek\ G_{l5} = \left(\frac{0{,}000045\ m\times 997{,}07\frac{kg}{m^3}/\times 9{,}81\ \frac{m}{detik^3}}{0{,}00089\ \frac{kg}{m.detik}\times 1{,}25\ detik}\right)^{0{,}5}$$

$= 19{,}9\ /detik$(sesuai G rencana 20 /detik)

$$v_5 = \frac{0{,}000101\ m^3/detik}{\frac{1}{4}\times 3{,}14\times(0{,}04\ m)^2} = 0{,}08\ m/detik$$

- $n_6 = 38$

$$Q_6 = \frac{0{,}002413\ m^3/detik}{38} = 0{,}000064\ m^3/detik$$

$$Hl_6 = \left(\frac{0{,}000064\ m^3/detik}{0{,}2785\times 110\times(0{,}04\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 0{,}1\ m = 0{,}000019\ m$$

$$td_6 = \frac{\frac{1}{4}\times 3{,}14\times(0{,}04\ m)^2\times 0{,}1\ m}{0{,}000064\ m^3/detik} = 1{,}98\ detik$$

$$Cek\ G_6 = \left(\frac{0{,}000019\ m \times 997{,}07 \frac{kg}{m^3} / \times 9{,}81 \frac{m}{detik^3}}{0{,}00089 \frac{kg}{m.detik} \times 1{,}98\ detik}\right)^{0{,}5}$$

$= 10{,}3\ /detik$(sesuai G rencana 10 /detik)

$$v_6 = \frac{0{,}000064\ m^3/detik}{\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}04\ m)^2} = 0{,}051\ m/detik$$

5.2.2.2 Koagulasi

Direncanakan:

- Jumlah unit = 1 buah
- Perencanaan ini menggunakan kriteria desain yang dikemukakan Peavy (1985), yaitu G sebesar 1000 /detik dan td sebesar 10 detik.
- Koagulasi secara hidrolika melalui pipa berbahan besi galvanis (C=120).

Perhitungan:

- $Hl = \frac{G^2 \times \mu \times td}{\rho \times g}$

  $= \frac{(1000\ /detik)^2 \times 0{,}000895\ kg/m.dtk \times 10\ detik}{997{,}07\ kg/m^3 \times 9{,}81\ m/detik^2} = 0{,}915\ m$
- Dengan mencoba-coba didapatkan dimensi pipa sebagai berikut:
  - Diameter = 65 mm
  - $p = Hl \div \left(\frac{Q}{0{,}2785 \times C \times D^{2{,}63}}\right)^{1{,}85}$

    $= 0{,}915\ m \div \left(\frac{0{,}00483\ m^3/detik}{0{,}2785 \times 120 \times (0{,}065\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} = 19{,}5\ m$
  - $td = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}065\ m)^2 \times 19{,}5\ m \div 0{,}00483 m^3/dtk$

    $= 13{,}4\ detik$

    Waktu detensi memenuhi kriteria desain minimal 10 detik
  - $v = \frac{0{,}00483\ m^3/detik}{\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}065\ m)^2} = 0{,}73\ m/detik$

  Cek kembali nilai G dan Gtd dengan td baru sebesar 13,4 detik sehingga didapat nilai G sebesar 977 dan Gtd

sebesar 13105. Nilai tersebut masih memenuhi kriteria desain yaitu G sebesar 600-1000 /detik dan Gtd sebesar 10000-36000 (Peavy, 1985).

- Pembubuhan alum
  - Dari percobaan dibutuhkan alum sebesar 40 mg/l untuk meremoval air dengan kekeruhan 60 NTU yang menurunkankan kekeruhan menjadi 4,3 dengan pH 6,71.
  - Pembubuhan dilakukan dengan pipa pembubuh yang didorong dengan pompa dosing sebanyak 2 buah yang digunakan secara bergantian dengan waktu operasi selama 12 jam tiap pompa.
  - Kadar alum = 70%
  - ρ alum = 1000 kg/m^3 (Masduqi & Assomadi, 2012)
  - Kelarutan sekitar 872 kg/m^3 (Masduqi & Assomadi, 2012)
  - $Kebutuhan\ alum\ = 4{,}82\,\frac{l}{detik} \times 3600\,\frac{detik}{jam} \times 12 \times 40\,\frac{mg}{l} \times 10^{-6}\,\frac{kg}{mg} = 0{,}503\ \frac{kg}{12\ jam}$
  - $Kebutuhan\ alum\ sebenarnya = \frac{100\%}{70\%} \times 0{,}503\ \frac{kg}{12\ jam}\ = 0{,}719\ \frac{kg}{12\ jam}$
  - $Volume\ alum = \frac{0{,}503\ kg/12\ jam}{1000\ kg/m^3} = 0{,}000719\ m^3/12\ jam$
  - Digunakan kelarutan 800 kg/m^3 untuk berjaga-jaga jika semisal kelarutan alum lebih kecil dari kelarutan dalam literatur air pelarut yang digunakan masih cukup untuk melarutkan dikarenakan jika lebih besar dari kelarutan kriteria, air tidak mampu melarutkan. Tapi juga tidak digunakan kelarutan lebih kecil dikarenakan air yang digunakan untuk melarutkan akan semakin banyak.

    $$Kebutuhan\ air\ pelarut = \frac{0{,}719\ kg/12\ jam}{800\ kg/m^3} = 0{,}000629\ m^3/12\ jam$$
  - $Vol.total = 0{,}000719\,\frac{m^3}{12\ jam} + 0{,}000629\,\frac{m^3}{12\ jam} = 0{,}001348\,\frac{m^3}{12\ jam}\ = 3{,}12 \times 10^{-8}\ \frac{m^3}{detik}$

- Perhitungan pompa:
  - Diameter pipa = 12,5 mm
  - Efisiensi pompa (η_p) = 70%
  - Efisiensi transmisi (η_{trans}) = 85%
  - Faktor cadangan (α) = 0,15
  - $Hl = \left(\frac{3{,}12\times10^{-8}\ m^3/detik}{0{,}2785\times140\times(0{,}0125\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 4{,}3\ \mathrm{m}$
    $= 1{,}2 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$
  - $H = Hl + H_{statik} + H_{sisa\ tekan}$
    $= 1{,}2 \times 10^{-7}\ \mathrm{m} + 2{,}45\ \mathrm{m} + 1\ \mathrm{m} = 3{,}45\ \mathrm{m}$
  - $HHP = \frac{Q\times\rho\times H}{75} = \frac{3{,}12\times10^{-8}\frac{m^3}{detik}\times997{,}07\frac{kg}{m^3}\times3{,}45\ m}{75}$
    $= 1{,}43 \times 10^{-6}\ \mathrm{Hp}$
  - $BHP = \frac{HHP}{\eta_p} = \frac{1{,}43\times10^{-6}Hp}{70\%} = 2 \times 10^{-6}\ \mathrm{Hp}$
  - $Nd = \frac{BHP\times(1+\alpha)}{\eta_{trans}} = \frac{2\times10^{-6}\ \mathrm{Hp}\times(1+0{,}15)}{85\%} = 2{,}8 \times 10^{-6}\ \mathrm{Kwh}$

5.2.2.3 *Intake*

Direncakan *intake* berupa *river bank* untuk mengurangi beban pengolahan bangunan selanjutnya. Berikut perhitungannya.

- Q = 0,004826 m^3/detik
- Direncanakan kecepatan = 0,5 m/detik
- $A\ pipa = \frac{0{,}004826\ m^3/detik}{0{,}5\ m/detik} = 0{,}00965\ m^2$
- $Diameter\ pipa = \sqrt{\frac{4\times0{,}00965\ m^2}{3{,}14}} = 0{,}11\ \mathrm{m}$
  Terpakai = 0,1 m
- Panjang pipa = 717 m
- $Hl = \left(\frac{0{,}004826\ \mathrm{m^3/detik}}{0{,}2785\times140\times(0{,}1\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 717\ \mathrm{m}$
  $= 3{,}11\ \mathrm{m}$
- $H = 3{,}11\ \mathrm{m} + 45\ \mathrm{m} = 48{,}11\ \mathrm{m}$
- $HHP = \frac{0{,}004826\ \frac{m^3}{detik}\times997{,}07\ \frac{kg}{m^3}\times48{,}11\ m}{75} = 3{,}1\ \mathrm{Hp}$
- $BHP = \frac{3{,}1\ Hp}{70\%} = 4{,}4\ \mathrm{Hp}$

- $Nd = \frac{4{,}4\ \text{Hp} \times (1+0{,}15)}{85\%} = 6\ \text{Kwh}$
- Sisi direncanakan 1 m dan kedalaman 20 m

5.2.2.4 Sedimentasi

Direncanakan:

- Jumlah bangunan sesuai dengan unit koagulasi maka debitnya sama sebesar 0,00241 m^3/detik tiap bak
- Lebar = lebar unit flokulasi = 0,8 m
- α *plate settler* = 60°
- Tebal *plate settler* (t) = 1 cm
- vs = 0,00077 m/detik (dari percobaan)
- Volume lumpur = 16,7 ml/l (dari percobaan)

Perhitungan:

- Perhitungan *plate settler* dilakukan dengan mencoba-coba maka didapatkan dimensi *plate settler* sebagai berikut:
  - Jarak antar *plate* (w) = 2 cm
  - Tinggi *plate* (h) = 0,362 m
  - $A = \frac{Q}{vs} \times \frac{w}{h.cos\alpha + w.cos^2\alpha}$
    $= \frac{0{,}00241\ m^3/detik}{0{,}00077\ m/detik} \times \frac{0{,}02\ m}{0{,}362\ m \times cos60^o + 0{,}02\ m \times cos^2 60^o}$
    $= 0{,}34\ m^2$
  - $l = \frac{h \times sin\alpha}{sin90^o} = \frac{0{,}362\ m \times sin60^0}{sin90^o} = 0{,}418\ m$
  - $p = A \div l = 0{,}34\ m^2 \div 0{,}418\ m = 0{,}8\ m$
    (Ok, panjang *plate* sesuai dengan lebar bak)
  - $vh = \frac{Q}{A.sin\alpha} = \frac{0{,}00241\ m^3/detik}{0{,}34\ m^2 \times sin60^0} = 0{,}00828\ m/detik$
  - Debit antar *plate*
    $Qp = vh \times p \times w = 0{,}00828 \frac{m}{detik} \times 0{,}8\ m \times 0{,}02\ m$
    $= 0{,}00013\ m^3/detik$
  - $Jumlah\ plate\ (n) = \frac{Q}{Qp} = \frac{0{,}00241\ m^3/detik}{0{,}00013\ m^3/detik} = 18$
  - $tebal\ plate\ total\ (tp_{tot}) = t \times n = 0{,}01\ m \times 18 = 0{,}18\ m$

- Panjang ruang *plate settler*
  $= h.tan\alpha + tp_{tot} + \left(w \times (n-1)\right)$
  $= 0{,}362\ m \times tan60^o + 0{,}18\ m + \left(0{,}02\ m \times (18-1)\right)$
  $= 0{,}73\ m$
- $R = \frac{w}{2} = \frac{0{,}02\ m}{2} = 0{,}01\ m$
- $N_{Re} = \frac{vh \times R}{v} = \frac{0{,}00828\ m/detik \times 0{,}01\ m}{0{,}8975 \times 10^{-6} m^2/detik} = 92{,}23$
  Ok, aliran laminer (kurang dari 2000)
- $N_{Fr} = \frac{vh^2}{g \times R} = \frac{(0{,}00828\ m/detik)^2}{9{,}81\ m/detik^2 \times 0{,}01\ m} = 0{,}0007$
  Ok, lebih besar dari 0,00001

- Perhitungan *gutter* dilakukan dengan mencoba-coba sehingga didapatkan dimensinya sebagai berikut:
  - WLR = 3,875 m^3/m.jam (kriteria desain untuk sedimentasi berbentuk persegi panjang < 11 m^3/m.jam (Masduqi & Assomadi, 2012))
  - $p\ total = \frac{Q}{WLR} = \frac{0{,}00241 m^3/detik \times 3600 detik/jam}{3{,}875\ m^3/m.jam} = 2{,}24\ m$
  - Panjang per gutter = panjang ruang *plate* = 0,73 m
  - $n = \frac{p\ total - l\ bak}{2 \times p\ per\ gutter} + 1 = \frac{2{,}24\ m - 0{,}8\ m}{2 \times 0{,}73\ m} + 1 = 1{,}98$
    Dibulatkan menjadi 2 buah
  - Lebar per gutter = 0,3 m
  - $h\ gutter = \left(\frac{Q}{1{,}375 \times lebar\ gutter}\right)^{\frac{2}{3}}$
    $= \left(\frac{0{,}00241 m^3/detik}{1{,}375 \times 0{,}3\ m}\right)^{2/3} = 0{,}0325\ m = 3{,}25\ cm$

  Cek N_{Re} dan N_{Fr} karena pengaruh *gutter*
  - $Luas\ slot\ plate\ settler\ yang\ dapat\ masuk\ ke\ gutter$
    $= 0{,}18\ m \times 0{,}02\ m = 0{,}0036\ m^2$
  - $v = \frac{Q\ tiap\ plate\ settler}{A\ slot} = \frac{0{,}00013\ m^3/detik}{0{,}0036\ m^2} = 0{,}037\ m/detik$
  - $N_{Re} = \frac{vh \times R}{v} = \frac{0{,}037\ m/detik \times 0{,}01\ m}{0{,}8975 \times 10^{-6} m^2/detik} = 412{,}6$
    Ok, aliran laminer (kurang dari 2000)
  - $N_{Fr} = \frac{vh^2}{g \times R} = \frac{(0{,}037\ m/detik)^2}{9{,}81\ m/detik^2 \times 0{,}01\ m} = 0{,}014$
    Ok, lebih besar dari 0,00001
- Perhitungan ruang lumpur dilakukan dengan coba-coba untuk menentukan dimensi yang sesuai sebagai berikut:

- Kedalaman = 1,6 m
- Panjang atas = 3 m
- Lebar atas = lebar bak = 0,8 m
- Panjang bawah = 0,5 m (sengaja dibuat kecil agar dimensi menjorok dan dapat maksimal menampung lumpur sehingga saat pengurasan jumlah air yang terbawa lebih sedikit, namun tetap landai agar dapat meluncur dengan baik).
- Lebar bawah = 0,6 m
- $Aa = pa \times la = 3\ m \times 0{,}8\ m = 2{,}4\ m^2$
- $Ab = pb \times lb = 0{,}5\ m \times 0{,}6\ m = 0{,}3\ m^2$
- $V = \frac{h}{3}\left(Aa + Ab + \sqrt{Aa \times Ab}\right)$
  $= \frac{1{,}6\ m}{3}\left(2{,}4\ m^2 + 0{,}3\ m^2 + \sqrt{2{,}4\ m^2 \times 0{,}3\ m^2}\right)$
  $= 1{,}89\ m^3$
- $V\ lumpur = 16{,}7\ \frac{ml}{l} \times 2{,}423\ \frac{l}{detik} \times 10^{-6}\ \frac{m^3}{ml} \times 3600\ \frac{dtk}{jam}$
  $= 0{,}145\ m^3/jam$
- $Periode\ pengurasan = \frac{1{,}89\ m^3}{0{,}145 m^3/jam} = 13{,}07\ jam$
  (periode pengurasan memenuhi kriteria desain untuk sedimentasi bentuk persegi yaitu 12-24 jam (Masduqi & Assomadi, 2012))

5.2.2.5 Filter

Direncanakan:

- Q = 0,00483 m^3/detik = 17,4 m^3/jam
- v filtrasi = 7 m/jam (6-11 m/jam, SNI 6774-2008)
- Diameter pasir = 0,6 mm = 0,0006 m (tipikal, 0,35 mm - 0,7 mm, single media), diameter pasir tidak menggunakan pasir hasil uji dikarenakan untuk melakukan pengujian dengan ayakan perlu disediakan sejumlah pasir, sedangkan pada tugas akhir ini kebutuhan pasir tidak dianggarkan, sehingga dianggap pasir seragam
- Tebal pasir = 70 cm = 0,7 m (Droste, 1997)
- Diameter dan tebal penyangga sesuai SNI 6774-2008 dengan dipilih nilai tipikal

- d penyangga 1 = 3,5 mm = 0,0035 m (2-5 mm)
- h penyangga 1 = 90 mm = 0,09 m (80-100 mm)
- d penyangga 2 = 7,5 mm = 0,0075 m (5-10 mm)
- h penyangga 2 = 90 mm = 0,09 m (80-100 mm)
- d penyangga 3 = 12,5 mm = 0,0125 m (10-15 mm)
- h penyangga 3 = 90 mm = 0,09 m (80-100 mm)
- d penyangga 4 = 22,5 mm = 0,0225 m (15-30 mm)
- h penyangga 4 = 115 mm = 0,115 m (80-150 mm)

Perhitungan:

- $n = 0{,}25 \times Q^{0{,}5} = 0{,}25 \times (0{,}00483\ m^3/dtk)^{0{,}5} = 0{,}012$, terpakai 2 buah, dengan dipakai secara bergantian
- $As = \frac{17{,}4\ m^3/jam}{7\ m/jam} = 2{,}48\ m^2$
- Lebar direncanakan = 1,2 m
- $p = \frac{2{,}48\ m^2}{1{,}2\ m} = 2{,}07\ m$, terpakai 2 m
- $A = 1{,}2\ m \times 2\ m = 2{,}4\ m^2$
- $cek\ v = \frac{17{,}4\ m^3/jam}{2{,}4\ m^2} = 7{,}24\ m/jam = 0{,}00201\ m/dtk$ (Ok, 6-11 m/jam)
- Perhitungan *headloss* saat filter bersih, diketahui:
  - Ψ pasir = 0,82
  - ε pasir = 0,42
  - Ψ penyangga = 0,98
  - ε penyangga = 0,38

  Dihitung:

  1. Pasir
  - $N_{Re} = \frac{\Psi \times \rho \times d \times v}{\mu} = \frac{0{,}82 \times 997{,}07\ kg/m^3 \times 0{,}0006\ m \times 0{,}00201\ m/dtk}{0{,}000895\ kg/m.dtk}$

    $= 1{,}102$ ($1 < N_{Re} < 10^4$)
  - $C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0{,}34 = \frac{24}{1{,}102} + \frac{3}{\sqrt{1{,}102}} + 0{,}34 = 24{,}97$
  - $Hl = 1{,}067 \times \frac{C_D \times h \times v^2}{\Psi \times d \times \varepsilon^4 \times g}$

    $= 1{,}067 \times \frac{24{,}97 \times 0{,}7\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}82 \times 0{,}0006\ m \times 0{,}42^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}5022\ m$

2. Penyangga 1

- $N_{Re} = \frac{0{,}98 \times 997{,}07\ kg/m^3 \times 0{,}0035\ m \times 0{,}00201\ m/dtk}{0{,}000895\ kg/m.dtk} = 7{,}685$

  ($1 < N_{Re} < 10^4$)
- $C_D = \frac{24}{7{,}685} + \frac{3}{\sqrt{7{,}685}} + 0{,}34 = 4{,}55$
- $Hl = 1{,}067 \times \frac{4{,}55 \times 0{,}09\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0035\ m \times 0{,}38^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0025\ m$

3. Penyangga 2

- $N_{Re} = \frac{0{,}98 \times 997{,}07\ kg/m^3 \times 0{,}0075\ m \times 0{,}00201\ m/dtk}{0{,}000895\ kg/m.dtk} = 16{,}468$

  ($1 < N_{Re} < 10^4$)
- $C_D = \frac{24}{16{,}468} + \frac{3}{\sqrt{16{,}468}} + 0{,}34 = 2{,}54$
- $Hl = 1{,}067 \times \frac{2{,}54 \times 0{,}09\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0075\ m \times 0{,}38^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0007\ m$

4. Penyangga 3

- $N_{Re} = \frac{0{,}98 \times 997{,}07\ kg/m^3 \times 0{,}0125\ m \times 0{,}00201\ m/dtk}{0{,}000895\ kg/m.dtk} = 27{,}447$

  ($1 < N_{Re} < 10^4$)
- $C_D = \frac{24}{27{,}447} + \frac{3}{\sqrt{27{,}447}} + 0{,}34 = 1{,}79$
- $Hl = 1{,}067 \times \frac{1{,}79 \times 0{,}09\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0125\ m \times 0{,}38^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0003\ m$

5. Penyangga 4

- $N_{Re} = \frac{0{,}98 \times 997{,}07\ kg/m^3 \times 0{,}0225\ m \times 0{,}00201\ m/dtk}{0{,}000895\ kg/m.dtk} = 49{,}405$

  ($1 < N_{Re} < 10^4$)
- $C_D = \frac{24}{49{,}405} + \frac{3}{\sqrt{49{,}405}} + 0{,}34 = 1{,}25$
- $Hl = 1{,}067 \times \frac{1{,}25 \times 0{,}115\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0225\ m \times 0{,}38^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0001\ m$

$Hl\ total = 0{,}5022\ m + 0{,}0025\ m + 0{,}0007\ m + 0{,}0003\ m + 0{,}0001\ m = 0{,}5058\ m$

- Perhitungan *headloss* saat filter *clogging*, diketahui:
  - $\varepsilon\ pasir\ =\ 0{,}42 \times 0{,}8 = 0{,}336$
  - $\varepsilon\ penyangga\ =\ 0{,}38 \times 0{,}8 = 0{,}304$

  Dihitung:

  1. Pasir

  - $Hl = 1{,}067 \times \frac{24{,}97 \times 0{,}7\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}82 \times 0{,}0006\ m \times 0{,}336^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 1{,}226\ m$

2. Penyangga 1

- $Hl = 1{,}067 \times \frac{4{,}55 \times 0{,}09\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0035\ m \times 0{,}304^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0061\ m$

3. Penyangga 2

- $Hl = 1{,}067 \times \frac{2{,}54 \times 0{,}09\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0075\ m \times 0{,}304^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0016\ m$

4. Penyangga 3

- $Hl = 1{,}067 \times \frac{1{,}79 \times 0{,}09\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0125\ m \times 0{,}304^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0007\ m$

5. Penyangga 4

- $Hl = 1{,}067 \times \frac{1{,}25 \times 0{,}115\ m \times (0{,}00201\ m/dtk)^2}{0{,}98 \times 0{,}0225\ m \times 0{,}304^4 \times 9{,}81\ m/dtk^2} = 0{,}0002\ m$

$Hl\ total = 1{,}226\ m + 0{,}0061\ m + 0{,}0016\ m + 0{,}0007\ m + 0{,}0002\ m = 1{,}2347\ m$

- Perhitungan *backwashing*
  - Periode pencucian = 24 jam sekali (18-24 jam, SNI 6774-2008, direncanakan 1 kali dalam sehari untuk memudahkan pekerjaan operator)
  - Lama pencucian = 15 menit = 900 detik (10-15 menit, SNI 6774-2008, diambil terbesar karena periode pencucian yang dipilih adalah yang terbesar maka asumsi lama pencucian yang paling lama)
  - Dengan mencoba-coba diasumsikan nilai vs sebesar 0,1064 m/dtk
  - $N_{Re} = \frac{0{,}82 \times 997{,}07\ kg/m^3 \times 0{,}0006\ m \times 0{,}1064\ m/dtk}{0{,}000895\ kg/m.dtk} = 58{,}33$
  - $C_D = \frac{24}{58{,}33} + \frac{3}{\sqrt{58{,}33}} + 0{,}34 = 1{,}14$
  - $vs = \left(\frac{4}{3} \times \frac{g}{C_D} \times (S_g - 1) \times d\right)^{0{,}5}$

    $= \left(\frac{4}{3} \times \frac{9{,}81 \frac{m}{s^2}}{1{,}14} \times (2{,}65 - 1) \times 0{,}0006\ m\right)^{0{,}5}$

    $= 0{,}1064\ m/dtk$ (Ok, sama dengan vs di atas)
  - $vb\ minimum = vs \times \varepsilon^{4{,}5}$

    $= 0{,}1064\ m/dtk \times 0{,}42^{4{,}5}$

    $= 0{,}0021\ m/dtk = 7{,}72\ m/jam$

    Dipakai kecepatan *backwash* (vb) = 50 m/jam = 0,014 m/dtk (36-50 m/jam, SNI 6774-2008, diambil terbesar karena pencucian direncanakan sekali dalam 1 hari

maka asumsi kecepatan yang dipergunakan adalah yang membutuhkan kecepatan terbesar)

- $\varepsilon_e = \left(\frac{vs}{vb}\right)^{0,22} = \left(\frac{0,1064\ m/dtk}{0,014\ m/dtk}\right)^{0,22} = 0,64 > 0,42$ Ok
- pi = 100% karena penggunaan media seragam
- $\frac{pi}{1-\varepsilon_e} = \frac{100\%}{1-0,64} = 2,77$
- $h_e = (1-\varepsilon) \times h \times \sum \frac{pi}{1-\varepsilon_e}$
  $= (1-0,42) \times 0,7\ m \times 2,77 = 1,12\ m$
- $Persen\ ekspansi = \frac{1,12\ m - 0,7\ m}{1,12\ m} = 38\ m$ (Ok, 30-50% SNI 6774-2008)
- $Hl = h_e \times (1-\varepsilon) \times (S_g - 1)$
  $= 1,12\ m \times (1-0,42) \times (2,65-1) = 1,076\ m$
- $Q\ backwash = 0,014\ m/dtk \times 2,4\ m^2 = 0,033\ m^3/dtk$
- $V\ backwash = 0,033\ m^3/dtk \times 900\ detik = 30\ m^3$
- $Produksi\ air\ perhari = 0,00483 \frac{m^3}{detik} \times 86400 \frac{detik}{har}$
  $= 417\ m^3/hari$
- $Persentase\ volume\ air\ backwash = \frac{30\ m^3 \times 100\%}{417\ m^3} = 7\%$

- Sistem *underdrain* menggunakan *nozzel*
  Dengan mencoba-coba direncanakan:
  - Jarak antar *nozzel* = 0,25 cm = 0,0025 m
  - Lebar *nozzel* tampak atas = 1 cm = 0,01 m
  - Lebar slot *nozzel* = 0,45 mm = 0,00045 m (< 0,5 mm SNI 6774-2008)
  - Panjang slot = 1 cm = 0,01 m

  Dihitung:
  - $Jmlh\ per\ 1\ deret\ panjang\ bak = \frac{2\ m - 0,0025\ m}{0,01 + 0,0025\ m} = 159,8$
    terpakai 159 *nozzel*
  - $Jmlh\ per\ 1\ deret\ lebar\ bak = \frac{1,2\ m - 0,0025\ m}{0,01 + 0,0025\ m} = 95,8$
    terpakai 95 *nozzel*
  - $n\ total = 159 \times 95 = 15105\ nozzel$
  - $Cek\ persentase\ luas\ slot\ nozzel\ terhadap\ luak\ bak$
    $= \frac{0,00045\ m \times 0,01\ m \times 15105}{2,4\ m^2} \times 100\% = 4,2\%$ (Ok, > 4% SNI 6774-2008)
  - $Cek\ jarak\ antar\ nozzel\ dalam\ deret\ panjang$

$= \frac{2\ m}{159+1} = 0{,}0125\ m = 1{,}25\ cm$

- $Cek\ jarak\ antar\ nozzel\ dalam\ deret\ lebar$
  $= \frac{1{,}2\ m}{95+1} = 0{,}0125\ m = 1{,}25\ cm$
- $Q\ filtrasi = \frac{0{,}00483\ \mathrm{m}^3/\mathrm{detik}}{15105} = 0{,}00000032\mathrm{m}^3/\mathrm{detik}$
- $Q\ backwash = \frac{0{,}033\ \mathrm{m}^3/\mathrm{detik}}{15105} = 0{,}0000022\mathrm{m}^3/\mathrm{detik}$
- $v\ filtrasi = \frac{0{,}00000032\mathrm{m}^3/\mathrm{detik}}{0{,}0025\ m \times 0{,}01\ m} = 0{,}0128\ m/detik$
- $v\ backwash = \frac{0{,}0000022\mathrm{m}^3/\mathrm{detik}}{0{,}0025\ m \times 0{,}01\ m} = 0{,}0883\ m/detik$
- k = 0,8
- $Hl\ filtrasi = \frac{k \times v^2}{2 \times g} = \frac{0{,}8 \times (0{,}0128\ m/detik)^2}{2 \times 9{,}81\ m/detik^2} = 0{,}0000067\ m$
- $Hl\ backwash = \frac{0{,}8 \times (0{,}0883\ m/detik)^2}{2 \times 9{,}81\ m/detik^2} = 0{,}00032\ m$
- $Hl\ total\ filtrasi = 1{,}2347\ m + 0{,}0000067\ m$
  $= 1{,}235\ m$
- $Hl\ total\ backwash = 1{,}076\ m + 0{,}00032\ m$
  $= 1{,}076\ m$

- *Gutter*
  - Jumlah direncanakan 1 buah
  - Debit *backwash* sebesar 0,033 m^3/dtk
  - $Tinggi\ air\ di\ atas\ gutter = \left(\frac{Q}{1{,}84 \times p}\right)^{2/3}$
    $= \left(\frac{0{,}033\ m^3/dtk}{1{,}84 \times 2\ m}\right)^{2/3} = 0{,}01\ m$
  - $h = l = \left(\frac{Q}{1{,}375}\right)^{2/5} = \left(\frac{0{,}033\ m^3/dtk}{1{,}375}\right)^{2/5} = 0{,}23\ m$
  - $Tinggi\ air\ antar\ media\ dengan\ gutter$
    $= 1{,}12\ m - 0{,}7\ m = 0{,}42\ m$ agar media tidak mencapai *gutter* maka direncanakan ketinggian air antar media dengan *gutteri sebesar 0,5 m*
- Pompa *backwash*
  - v asumsi = 1 m/dtk
  - $A = \frac{0{,}033\ m^3/dtk}{1\ m/dtk} = 0{,}033\ m^2$
  - $d = \sqrt{\frac{0{,}033\ m^2 \times 4}{3{,}14}} = 0{,}206\ m = 206\ mm$ dipakai 200 mm
  - Panjang pipa = 10 m

- $Hl = \left(\frac{0{,}033\ m^3/detik}{0{,}2785 \times 140 \times (0{,}02\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 10\ \mathrm{m} = 0{,}053\ \mathrm{m}$
- $H = 0{,}053\ m + 1{,}076\ m = 1{,}13$
- $HHP = \frac{0{,}033 \frac{m^3}{detik} \times 997{,}07 \frac{kg}{m^3} \times 1{,}13\ m}{75} = 0{,}5005\ \mathrm{Hp}$
- $BHP = \frac{0{,}5005\ Hp}{70\%} = 0{,}715\ \mathrm{Hp}$
- $Nd = \frac{BHP \times (1+\alpha)}{\eta_{trans}} = \frac{0{,}715\ \mathrm{Hp} \times (1+0{,}15)}{85\%} = 0{,}967\ \mathrm{Kwh}$

5.2.2.6 Desinfeksi

Desinfeksi dilakukan dengan injeksi gas klor di reservoir, pada perencanaan ini penentuan dosis klor berdasarkan literatur dikarenakan uji lab hanya dapat dilakukan pada air hasil olahan IPAM. Berdasarkan literatur dosis yang diberikan berasal dosis yang dipergunakan di IPAM Ngagel (Priambodo, 2016). Berikut kadar yang dipergunakan.

- Dosis klor optimum (BPC) = 2,61 mg/l
- Sisa klor = 0,3 mg/l

Direncanakan:

- Q = 0,00483 m^3/detik = 416999,7 l/hari
- Kemurnian klor = 99,8%
- Kapasitas tabung = 100 l
- Tekanan = 4,5 Mpa = 44,4 atm
- Suhu = 25°C = 298 KK

Perhitungan:

- $Dosis\ klor = 2{,}61\ mg/l + 0{,}3\ mg/l = 2{,}91\ mg/l$
- $Kebutuhan\ klor = 2{,}91\ mg/l \times 416999{,}7\ l/hari \times 10^{-3}\ \frac{gr}{mg}$
  $= 1{,}21\ gr/hari$
- $mol\ klorin = \frac{massa}{Mr} = \frac{1{,}21\ gr}{67{,}5\ gr/mol} = 17{,}98\ mol$

- $V = \frac{n \times R \times T}{P} = \frac{17{,}98\ mol \times 0{,}082\ l.atm/mol.K \times 298\ K}{44{,}4\ atm} = 9{,}9\ l$
- $lama\ pergantian\ tabung = \frac{100\ l}{9{,}9\ l} = 10{,}1\ hari$ dibulatkan menjadi 10 hari

5.2.2.7 Reservoir

Direncanakan:

- Q = 0,00483 m^3/detik = 417 m^3/hari
- % volume reservoir dari debit rencana = 20% (PU, 2006), namun ditambah 10% sebagai kebutuhan air untuk operasional IPAM sehingga kapasitas reservoir yang direncanakan menjadi 30% dari total debit
- Kedalaman 2 m

Perhitungan:

- $V = 30\% \times 417\ m^3 = 113{,}7\ m^3$
- $A = \frac{113{,}7\ m^3}{2\ m} = 56{,}9\ m^2$ dari luas tersebut direncanakan panjang 11 m dan lebar 6 m sehingga luasnya menjadi 66 m^2
- Jumlah *baffle* direncanakan sejumlah 10 buah maka didapatkan jarak antar *baffle*
  $jarak\ antar\ baffle = \frac{11\ m}{10+1} = 1\ m$

5.2.2.8 *Sludge Drying Bed* (SDB)

Direncanakan:

- Q lumpur = 0,145 m^3/jam = 3,5 m^3/hari
- Waktu penampungan = 3 bulan = 90 hari (3-4 bulan, SNI 7510-2011)
- Waktu pengisian = 5 hari

- Waktu pengeringan = 15 hari (Qasim, 1985)
- Tebal *cake* kering = 0,3 m
- h lumpur = 450 mm = 0,45 m (300-450 mm, SNI 7510-2011
- h pasir (Ø 0,6-2,4 mm) = 300 mm = 0,3 m, SNI 7510-2011
- h penyangga 1 (Ø 3,2-9,5 mm) = 75 mm = 0,075 m, SNI 7510-2011
- h penyangga 2 (Ø 9,5-12,7 mm) = 75 mm = 0,075 m, SNI 7510-2011
- h penyangga 3 (Ø 19,1-38,1 mm) = 200 mm = 0,2 m, SNI 7510-2011
- *freeboard* = 0,3 m
- p : l = 4 : 1 SNI 7510-2011

Perhitungan:

- $V\ cake = \frac{Q \times (1-70\%)}{(1-60\%)} = \frac{3{,}5\ m^3/hari \times (1-70\%)}{(1-60\%)} = 0{,}109\ m^3/hari$
- $V\ cake\ \ 90\ hari = \ 0{,}109\ m^3/hari \times 90\ hari = 9{,}77\ m^3$
- $Jumlah\ bak = \frac{90\ hari}{15\ hari} = 6\ bak$
- $Luas\ 1\ bak = \frac{9{,}77\ m^3}{6\ bak \times 0{,}3\ m} = 5{,}4\ m^2$
- $l = \sqrt{\frac{5{,}4\ m^2}{4}} = 1{,}16\ m$ terpakai 1,2 m
- $p = 4 \times 1{,}2\ m = 4{,}8\ m$
- $h\ total = 0{,}45\ m + 0{,}2\ m + 0{,}075\ m + 0{,}075\ m + 0{,}2\ m + 0{,}3\ m = 1{,}4\ m$

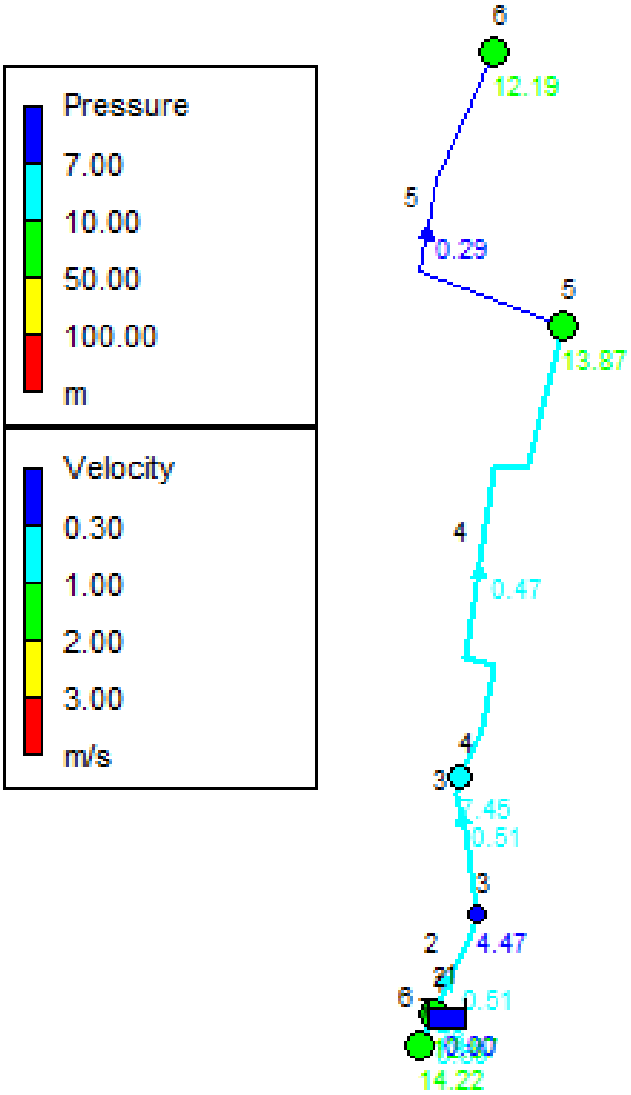
5.2.3 Perencanaan Penyaluran Air Bersih

Pada perencanaan penyaluran air bersih ini tidak semua wilayah dilayani, hanya di Raci Wetan saja yang seluruhnya dilayani karena daerah tersebut yang diprioritaskan sebagaimana

yang telah dijelaskan sebelumnya. Daerah lain yang dilayani adalah daerah di sepanjang jalan yang dilalui pipa dari sumber pengambilan air hingga menuju Raci Wetan, yaitu di Sidorejo dan di dusun pereng Wetan (RW VII & VIII), Melirang, yang secara jelasnya dapat dilihat di peta. Meski berdasarkan survei kuisoner responden dari Sidorejo tidak ada yang bersedia dialirkan air PDAM ke rumahnya namun pengambilan air baku terdekat berada di kawasan wilayah tersebut sehingga tetap ada penyedian spot untuk warga di wilayah tersebut dapat menggunakan air IPAM meski hanya sebatas kran umum. Sedangkan warga di Pereng Wetan berdasarkan hasil survei ada satu warga yang bersedia, namun sebgaimana yang telah dijelaskan sebelumnya karena jumlah responden yang terlalu sedikit maka hasil survei belum represenatif untuk dapat mewakili kondisi di desa Melirang. Tapi pada Tugas Akhir ini survei yang dilakukan pelaksana hanya mampu dilaksanakan sekali maka keputusan penentuan wilayah layanan di Melirang hanya dapat menggunakan hasil survei yang telah dilakukan. Dengan mempertimbangkan terdapatnya responden yang bersedia dialirkan air PDAM dari dari Melirang meski hanya sebagian yang bersedia dan salah satu responden tersebut berasal dari dusun Pereng Wetan yang daerahnya dilewati pipa maka disediakan spot juga untuk warga dapat menggunakan air olahan yang juga berupa kran umum. Selain responden dari dusun Pereng Wetan, responden lain dari Melirang yang bersedia ada yang berasal dari dusun Melirang Wetan (RW.I), Namun karena melihat letaknya sangat jauh dari pusat pelayanan dan responden tersebut hanya satu orang maka sementara ini pipa distribusi belum dapat disalurkan ke wilayah tersebut dengan mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan untuk pendistribusian air ke wilayah tersebut.

Pendistribusian air ke warga memperhatikan *headloss* yang harus dapat dilewati disepanjang pipa dari IPAM hingga menuju warga. Apabila *headloss* atau kehilangan air terlalu besar

di sepanjang pipa maka air tidak dapat mencapai wilayah distribusi. Untuk memperkecil *headloss* dapat dengan menambah tekanan apabila ketinggian di titik awal masih kurang dengan membangun menara air atau dilakukan pemompaan. Memperkecil nilai *headloss* juga dapat dengan memperbesar diameter pipa, namun semakin besar dimensi maka kecepatan air akan semakin kecil. Selain itu penambahan tekanan ataupun penambahan dimensi pipa akan semakin memperbesar biaya sehingga diperlukan perencanaan yang optimum dalam merencanakan pipa distribusi. Dalam tugas akhir ini digunakan program epanet untuk menentukan besar dimensi yang optimum. Hasil pemetaan jaringan dengan epanet dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. 19. Peta Jaringan dengan Program Epanet

Berikut ini hasil perhitungan dari program epanet.

Tabel 5. 13. Node Epanet

Node ID	Elevation (m)	Base demand (lps)	Head (m)	Preassure (m)
Junc 2	20	0	32,87	12,87
Junc 3	27	0	31,47	4,47
Junc 4	21	1,63	28,45	7,45
Junc 5	7	1,79	20,87	13,87
Junc 6	6	0,56	18,19	12,19
Junc 7	18	1,98	32,22	14,22
Resvr 1	35	N/A	33	0

Sumber: Epanet

Tabel 5. 14. Links Epanet

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Flow (lps)	Velocity (m/s)
Pipe 1	20	100	5,96	0,76
Pipe 2	465	100	3,98	0,51
Pipe 3	1000	100	3,98	0,51
Pipe 4	2250	80	2,35	0,47
Pipe 5	1150	50	0,56	0,29
Pipe 6	96	65	1,98	0,6

Sumber: Epanet

Dari hasil epanet diketahui kecepatan di pipa 5 dengan dimensi 50 mm kurang dari kecepatan minimum sebesar 0,3 m/dtk. Untuk memperbesar kecepatan maka dimensi pipa harus diperkecil, tapi pada perencanaan ini ditetapkan dimensi 50 mm sebagai dimensi minimum yang dijinkan dipergunakan dengan asumsi sisa tekan besar sehingga endapan dapat tetap terbawa. Dimensi yang semakin kecil juga berefek pada turunnya sisa

tekan yang dibutuhkan agar air sampai ke rumah. Berdasarkan SNI 7509-1991 sisa tekan pada pipa SR minimum 7,5 m. Untuk keamanan ditetapkan sisa tekanan minimal 10 m pada setiap titik tapping agar dapat sampai ke rumah-rumah. Sedangkan untuk *junction* 3 tidak dilakukan penambahan sisa tekan karena tidak ada *tapping* ke pelanggan, dan tanpa penambahan sisa tekan *junction* setelahnya yang menuju rumah diperuntukkan khusus sebagai SR masih mampu memenuhi sisa tekan yang dipersyaratkan. Untuk *junction* 4 meski ada *tapping* namun tidak sampai ke rumah-rumah hanya berupa kran umum dan letak *junction* pada elevasi tertinggi sehingga diasumsikan air masih mampu mengalir. Penambahan tekanan juga menambah daya pompa sehingga tidak dilakukan penambahan sisa tekan pada *junction-junction* yang tidak difungsikan melayani SR. Lokasi IPAM yang direncanakan tidak berada pada elevasi tertinggi karena letaknya akan semakin jauh dari sumber air baku, sehingga untuk pendistribusian ke warga membutuhkan pompa. Berikut ini perhitungan pompanya.

- Q = 5,96 l/detik = 0,00596 m^3/detik
- H tot = 33 m
- Elevasi = 20 m
- $H\ pompa = H\ tot - elevasi = 33\ m - 20\ m = 13\ m$
- $HHP = \frac{0{,}00596\ \frac{m^3}{detik} \times 997{,}07\ \frac{kg}{m^3} \times 13\ m}{75} = 1{,}03\ \mathrm{Hp}$
- $BHP = \frac{1{,}03\ Hp}{70\%} = 1{,}47\ \mathrm{Hp}$
- $Nd = \frac{1{,}47\ \mathrm{Hp} \times (1+0{,}15)}{85\%} = 1{,}99\ \mathrm{Kwh} = 2\ \mathrm{Kwh}$

5.3 Pengolahan Air Limbah Domestik

5.3.1 Analisis Wilayah Terlayani SPAL dan IPAL

Penentuan wilayah yang akan dikelola air limbah domestiknya memerhatikan beberapa faktor. Hal pertama yang

diperhatikan adalah tingkat kepadatan penduduk wilayah tersebut sebagaimana yang disebutkan di PP No. 16/2005 yaitu tingkat kepadatan 200-250 jiwa/ha perlu dipertimbangkan dilakukan pengolahan limbah domestik secara komunal, sehingga dilakukan analisis kepadatan penduduk dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Kepadatan\ penduduk = \frac{Jumlah\ penduduk\ (jiwa)}{Luas\ (Ha)}$$

Dengan menggunakan progam AutoCAD dapat diketahui luas suatu area, sedangkan data penduduk diketahui dari data primer telah didapatkan. Pembagian wilayah kepadatan berdasarkan RW masing-masing desa. Berikut ini hasil perhitungan kepadatan penduduk tiap RW.

Tabel 5. 15. Kepadatan Penduduk tiap RW

Desa	RW	Kode	Jumlah (jiwa)	KK	Luas (Ha)	Kepadatan (jiwa/Ha)
Raci Wetan	1	R.I	904	226	6	158
	2	R.II	284	71	2	116
Sidorejo	1	S.I	763	206	8	94,2
	2	S.II	441	109	5	95,2
Melirang	1	M.I	873	175	13	66,8
	2	M.II	653	131	7	90,6
	3	M.III	389	78	6	70,1
	4	M.IV	820	164	8	104
	5	M.V	254	51	3	97,9
	6	M.VI	353	71	5	71
	7	M.VII	479	96	5	100
	8	M.VIII	512	102	2	209
	9	M.IX	691	138	3	264
	10	M.X	746	149	13	56,1

Sumber: Perhitungan

Dari hasil tersebut dapat diketahui hanya ada dua wilayah yang tingkat kepadatannya lebih dari 200 jiwa/ha yaitu di RW 8 (M.VIII) dan 9 (M.IX) Melirang. Maka kedua wilayah tersebut sebaiknya dipertimbangkan dilakukan perencanaan pengolahan limbah secara komunal.

Selain melihat kepadatan juga dilakukan analisis kondisi sanitasi. Jika berdasarkan hasil kuisoner diperkirakan hampir semua warga tangki septiknya tidak kedap. Masih banyak warga yang belum memahami perbedaan antara tangki septik dengan cubluk. Dengan menggunakan cubluk warga telah bebas buang air besar sembarangan namun teknologi tersebut hanya berfungsi menampung limbah padat, sedangkan cairannya diresapkan langsung ke dalam tanah sehingga berpotensi mencemari air tanah utamanya di daerah yang dekat dengan muka air tanah seperti di wilayah R.I dan R.II di Raci Wetan yang memiliki elevasi tanah ± 6 m. Wilayah lain yang memiliki elevasi curam yang terletak di selatan jalan utama juga dipertimbangkan dilakukan karena ditakutkan air limbah cepat turun dan menumpuk di perairan terutama limbah *grey water*-nya yaitu di Sidorejo (S.I dan S.II) dan di sebagian wilayah M.I, M.II, M.IV, M.V, dan M.VI. Di sebagian wilayah M.X yang jarak antar rumahnya agak rapat dan M.VII yang elevasinya cenderung menurun juga dipertimbangkan direncanakan dikarenakan dimungkinkan pengolahan air limbah secara komunal dapat dilakukan.

Untuk sebagian wilayah lainnya di M.I, M.II, M.IV, M.V, M.VI, dan M.XI di sebelah utara dan sebagian kecil di sebelah selatan jalan utama tidak direncanakan pengolahan karena pemukiman di wilayah tersebut sangat renggang dan sangat sedikit. Jarak antar rumah yang jauh mengakibatkan biaya pemasangan jaringan spal tidak sebanding dengan jumlah rumah yang dilayani. Semakin panjang pipa yang menghubungkan rumah satu dengan lainnya akan meningkatkan kuantitas air yang digunakan untuk penggelontoran dan kondisi rumah yang jarang semakin menambah kebutuhan air penggelontor karena debit air limbah terlalu sedikit. Begitu juga di wilayah M.III, meski dekat dengan perairan dan potensial mencemarinya namun jarak antar

rumah terlalu renggang maka tidak dilakukan perencanaan air limbah secara komunal.

Sehingga jika berdasarkan aspek teknis wilayah yang sebaiknya dilakukan perencanaan pengolahan limbah secara komunal adalah R.I, R.II, S.I, S.II, M.VII, M.VIII, M.IX, dan sebagian wilayah di M.I, M.II, M.IV, M.V, M.VI, dan M.X. ketigabelas wilayah tersebut secara jelasnya dapat dilihat di peta di lampiran.

Namun dikarenakan hanya sebagian wilayah yang diolah seperti pada desa Melirang, maka target peningkatan sanitasi sebesar 100% tidak dapat tercapai. Sehingga dapat dilakukan alternatif pengolahan secara individual. Pengolahan tersebut dapat dilakukan dengan dua cara yaitu mengolah limbah *black water* dan *grey water* secara terpisah atau bersama-sama. Secara terpisah dengan mengganti sistem cubluk dengan tangki septik yang dilengkapi sumur resapan untuk mengolah limbah *black water*, sedangkan limbah *grey water* dapat diolah dengan sistem *wetland* skala individu. Dikarenakan sebagian besar wilayah yang tidak dapat dilakukan pengolahan secara komunal terletak di elevasi ±11-18 m dan apabila berdasarkan pernyataan warga wilayah tersebut termasuk tanah keras maka pengolahan limbah dengan tangki septik yang dilengkapi sumur serapan sesuai untuk diterapkan. Meski ada sebagian kecil wilayah yang elevasinya rendah ±7 m yaitu di M.III namun tetap tidak dapat dilakukan pengolahan secara komunal karena jarak antar rumah yang terlalu jauh dan kondisi tanahnya cenderung datar, sehingga hanya dapat menggunakan tangki septik skala individu. Selain itu menurut Sasse (1998), tangki septik mampu menurunkan COD sebesar 50%, sehingga setidaknya sanitasi lebih meningkat jika dibandingkan dengan hanya menggunakan meresapkan langsung dengan cubluk. Untuk pengolahan limbah *black water* dan *grey water* secara bersama-sama skala individu dengan cara memperbesar kapasitas tangki septik sehingga mampu mengolah kedua jenis limbah namun lahan yang dibutuhkan akan semakin besar.

Maka pengolahan di wilayah Melirang dapat dilakukan pembagian sebagian secara komunal dan sebagian lainnya secara individu. Namun pengolahan yang tidak sama dapat berakibat kecemburuan sosial yang berdampak sistem sulit diterapkan. Maka jika memerhatikan aspek sosial sistem komunal hanya dapat diterapkan di Raci Wetan dan Sidorejo. Jika berdasarkan hasil survei kuisoner sebesar 83% responden dari Raci Wetan menyatakan bersedia air limbah domestiknya diolah secara komunal, maka sebaiknya dilayani pengolahan limbah secara komunal di wilayah tersebut. Sedangkan di Sidorejo meski sebagian besar warga menyatakan tidak bersedia namun sebaiknya direncanakan, dikarenakan jika melihat kondisi geografis yang jarak antar rumahnya berdekatan dimungkinkan mampu melayani seluruh warga Sidorejo sehingga kecemburuan sosial dapat dihindarkan, dan dapat sebagai alternatif kedepannya jika sewaktu ketika warga bersedia air limbahnya diolah secara komunal.

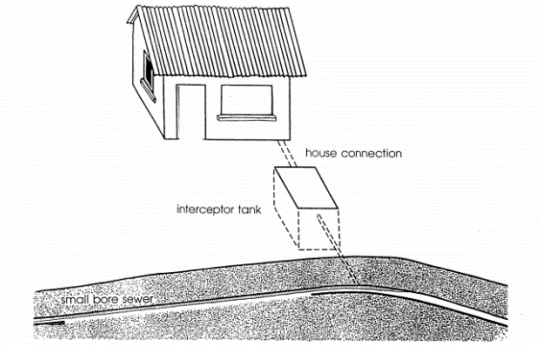
Maka apabila melihat aspek sosial hanya daerah di R.I, R.II, S.I, dan S.II saja yang dilayani. Namun pada perencanaan ini daerah yang memenuhi secara teknis tetap direncanakan sebagaimana yang tercantum di peta wilayah perencanaan.

5.3.2 Perencanaan Saluran Air Limbah Domestik

5.3.2.1 Perencanaan Saluran Air Limbah di R.II dan R.II

Pada wilayah R.II tepatnya di RW.2 desa Raci Wetan direncanakan menggunakan sistem *smallbore sewer* karena elevasi tanahnya cenderung datar. Dan apabila menggunakan sistem *shallow sewer* sulit diterapkan karena perumahannya sangat renggang dan wilayahnya kesulitan air sehingga sulit dilakukan penggelontoran. Menurut Otis & Mara (1985) sistem *smallbore* sewer hanya didesain untuk menerima cairan air limbah dari rumah sehingga dibutuhkan tangki interseptor untuk mencegat padatan. Sistem tidak memerhatikan kecepatan minimum untuk *self cleansing* namun perlu dipastikan tidak terjadi aliran balik, dan pada saat debit puncak aliran tidak di atas pipa outlet tangki inter-septor. Aliran balik biasanya terjadi jika

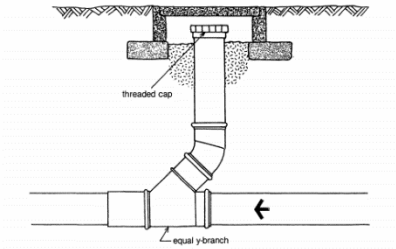
kemiringan terlalu landai dan diameter pipa terlalu kecil. Hal ini dapat diatasi dengan menambah kemiringan atau mengganti pipa dengan diameter yang lebih besar. Berikut ini gambar sistem *small bore sewer*.



Gambar 5. 20. *Small Bore Sewer* (Sumber: Otis & Mara, 1985)

Diameter minimum direkomendasikan 100 mm, namun pada studi kasus di Mt. Andrew, Alabama diameter 50 mm dapat digunakan selama tidak terjadi aliran balik. Sedangkan di literatur yang lain disebutkan diameter pipa antara 50-100 mm dengan tipikal 75 mm.

Untuk Inspeksi dan perawatan dibutuhkan *cleanout* dan *manhole*. Berikut ini gambar desain *cleanout*.



Gambar 5. 21. *Small Bore Sewer Cleanout* (Sumber: Otis & Mara, 1985)

Menurut Zevri (2010) *smallbore sewer* memiliki kelebihan diantaranya,

- Cocok untuk daerah dengan kepadatan penduduk sedang sampai tinggi terutama daerah yang telah menggunakan tangki septik tapi tanah sekitarnya sudah tidak mampu lagi menyerap effluen tangki septik
- Biaya pemeliharaan relatif murah
- Mengurangi kebutuhan air
- Mengurangi kebutuhan pengolahan yaitu *screening*
- Biasanya dibutuhkan di daerah yang tidak mempunyai lahan untuk bidang resapan atau bidang resapannya tidak efektif

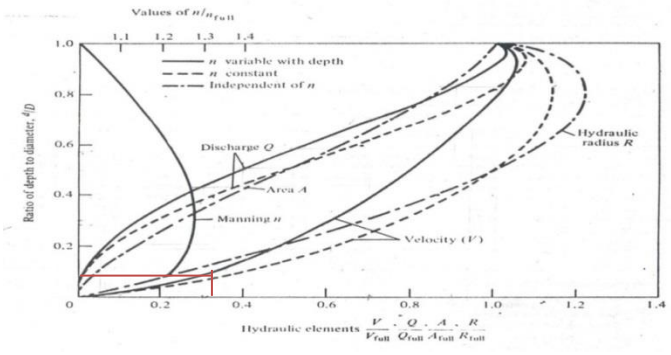
Sedangkan kelemahan *smallbore sewer* yaitu,

- Memerlukan lahan untuk tangki
- Memungkinkan terjadi *clogging* karena diameter pipa kecil

Pada perencanaan ini digunakan diameter 75 mm agar biaya tidak semahal menggunakan pipa 100 mm, namun tidak menggunakan 50 mm meski lebih murah karena ditakutkan rawan penyumbatan. Besar debit kebutuhan yang digunakan sesuai kebutuhan air dari penyaluran IPAM sebesar 60 l/org.hari. Debit desain air limbah digunakan 60% kebutuhan air penduduk karena dianggap di negara berkembang debit yang menjadi air limbah tidak besar yang hanya terdiri dari kegiatan mandi, cuci pakaian dan dapur. Berikut contoh perhitungan pada saluran 1.

- Jarak titik awal ke akhir = 43 m
- Diameter pipa = 75 mm
- Elevasi tanah awal = 6 m
- Elevasi tanah akhir = 5 m
- Jumlah rumah = 5
- Jumlah jiwa per rumah direncanakan 4 orang (didapatkan dari rata-rata perbandingan total jiwa dengan KK)
- $Q\ kebutuhan\ air = 60\ l/hari \times 5\ rumah \times 4\ org = 1200$
  $= 1200\ l/hari = 0{,}0000139\ m^3/detik$

- $Q\ ave\ air\ limbah = 60\% \times 0{,}0000139\ m^3/detik$
  $= 0{,}0000083\ m^3/detik = 0{,}0083\ l/dtk$
- n = 0,015
- Q infiltrasi = 0 (dianggap pipa kedap, debit infiltrasi biasanya diperhitungkan jika material pipa tidak kedap seperti dari beton dan posisi pipa terletak sejajar atau di bawah muka air tanah)
- Q inflow = 0 (diabaikan, menganggap besar air hujan yang masuk ke *manhole* kecil dengan asumsi *manhole* tertutup rapat dan kedap atau tidak diletakkan pada area tempat air hujan berkumpul seperti cekungan)
- $Q\ peak = 0{,}002667 \times jmlh\ jiwa + Q\ ave$
  $= 0{,}002667 \times 5\ rumah \times 5\ org + 0{,}0083\ l/detik$
  $= 0{,}0617\ l/detik = 0{,}000062\ m^3/detik$
  $Q\ peak\ tot = Q\ peak + Q\ infiltrasi + Q\ inflow$
  $= 0{,}000062\ m^3/dtk + 0\ m^3/dtk\ + 0\ m^3/dtk$
  $= 0{,}000062\ m^3/dtk$
- $Elevasi\ pipa\ awal = elevasi\ tanah\ awal - 1{,}6\ m$
  $= 6\ m - 1{,}6\ m = 4{,}4\ m$
- $Elevasi\ pipa\ akhir = elevasi\ tanah\ akhir - 1{,}6\ m$
  $= 5\ m - 1{,}6\ m = 3{,}4\ m$
- $Slope = \frac{elevasi\ pipa\ awal - elevasi\ pipa\ akhir}{Jarak}$
  $= \frac{4{,}4\ m - 3{,}4\ m}{43\ m} = 0{,}0233$
- $Q\ full = \frac{0{,}3117}{n} \times D^{8/3} \times s^{0{,}5}$
  $= \frac{0{,}3117}{0{,}015} \times (0{,}075\ m)^{8/3} \times 0{,}023^{0{,}5} = 0{,}00317\ \frac{m^3}{detik}$
- $v\ full = \frac{Q\ full}{A} = \frac{0{,}00317\ m^3/dtk}{1/4 \times 3{,}14 \times (0{,}075\ m)^2} = 0{,}72\ m/detik$
- $\frac{Q\ peak}{Q\ full} = \frac{0{,}000062 m^3/dtk}{0{,}00317\ m^3/dtk} = 0{,}019$
- Untuk mengetahui kecepatan dan tinggi air di pipa saat puncak perlu diketahui nilai $\frac{v\ peak}{v\ full}$ dan $\frac{d\ peak}{D\ full}$ yang didapatkan dari membandingkan nilai $\frac{Q\ peak}{Q\ full}$ pada grafik berikut



Gambar 5. 22. Grafik *Hydraulics Elements for Circular Sewer*

Dari grafik tersebut didapatkan nilai $\frac{v\ peak}{v\ full}$ sebesar 0,31 dan
$\frac{d\ peak}{D\ full}$ sebesar 0,1

- $v\ peak = \frac{v\ peak}{v\ full} \times v\ full = 0{,}31 \times 0{,}72\ m/dtk$
  $= 0{,}22\ m/dtk$
- $d\ peak = \frac{d\ peak}{d\ full} \times d\ full = 0{,}1 \times 0{,}075\ m$
  $= 0{,}0075\ m = 7{,}5\ mm$

Hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada untuk wilayah Raci Wetan di R.II dan R.I dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 16. Hasil Perhitungan SPAL di R.II

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (m^3/detik)	Q peak (m^3/detik)	Elevasi tanah		Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa	
								Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	43	5	R.II.1	4	60	0,00000833	0,000062	6	5	4,4	3,4	1,6	1,6
2	124	10	R.II.2	4	60	0,00001667	0,000123	5	5	3,4	2,16	1,6	2,84
3	42	4	R.II.3	4	60	0,00000667	0,000049	7	6	5,4	4,4	1,6	1,6
4	50	13		4	60	0,00002167	0,000160	6	6	4,4	3,9	1,6	2,1
5	58	40	R.II.4	4	60	0,00006667	0,000493	6	6	3,9	3,32	2,1	2,68
6	120	22		4	60	0,00003667	0,000271	6	6	4,4	3,2	1,6	2,8
7	29	62	R.II.5	4	60	0,00010333	0,000765	6	6	3,2	2,91	2,8	3,09
8	29	10		4	60	0,00001667	0,000123	5	6	2,16	1,87	2,84	4,13
9	2,5	72	R.II.ABR	4	60	0,00012000	0,000888	6	5,5	1,87	5,25	4,13	0,25

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 17. Lanjutan 1 SPAL di R.II

No. pipa	Slope	N	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/detik)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/detik)	d peak (m)
1	0,0233	0,015	0,075	0,00317	0,72	0,019	0,31	0,1	0,22	0,0075
2	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,059	0,5	0,15	0,24	0,0113
3	0,0238	0,015	0,075	0,00321	0,73	0,015	0,31	0,1	0,23	0,0075
4	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,077	0,55	0,2	0,26	0,015
5	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,237	0,69	0,25	0,32	0,0188
6	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,131	0,6	0,21	0,28	0,0158
7	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,368	0,84	0,4	0,4	0,03
8	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,059	0,5	0,15	0,24	0,0113
9	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,427	0,9	0,43	0,42	0,0323

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 18. Hasil Perhitungan SPAL di R.I

No. Pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (m^3/detik)	Q peak (m^3/detik)	Elevasi tanah		Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa	
								Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	150	21	R.I.1	4	60	0,00003500	0,000259	7	6	6,2	4,7	0,8	1,3
2	98	11		4	60	0,00001833	0,000136	6	6	5,2	4,22	0,8	1,78
3	62	32	R.I.2	4	60	0,00005333	0,000395	6	7	4,22	3,6	1,78	3,4
4	150	37		4	60	0,00006167	0,000456	7	7	6,2	4,7	0,8	2,3
5	84	26		4	60	0,00004333	0,000321	7	7	6,2	5,36	0,8	1,64
6	60	95	R.I.3	4	60	0,00015833	0,001172	7	7	3,6	3	3,4	4
7	150	26		4	60	0,00004333	0,000321	7	7	6,2	4,7	0,8	2,3
8	74	15		4	60	0,00002500	0,000185	7	7	6,2	5,46	0,8	1,54
9	60	136	R.I.4	4	60	0,00022667	0,001678	7	7	3	2,4	4	4,6
10	160	42		4	60	0,00007000	0,000518	7	7	6,2	4,6	0,8	2,4
11	72	19		4	60	0,00003167	0,000234	7	7	6,2	5,48	0,8	1,52
12	62	197	R.I.5	4	60	0,00032833	0,002430	7	7	2,4	1,78	4,6	5,22
13	70	10		4	60	0,00001667	0,000123	6	7	5,2	4,5	0,8	2,5
14	140	231	R.I.6	4	60	0,00038500	0,002849	7	6	1,78	0,38	5,22	5,62
15	0,5	231	R.I.ABR	4	60	0,00038500	0,002849	6	6	0,38	5,75	5,62	0,25

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 19. Lanjutan SPAL di R.I

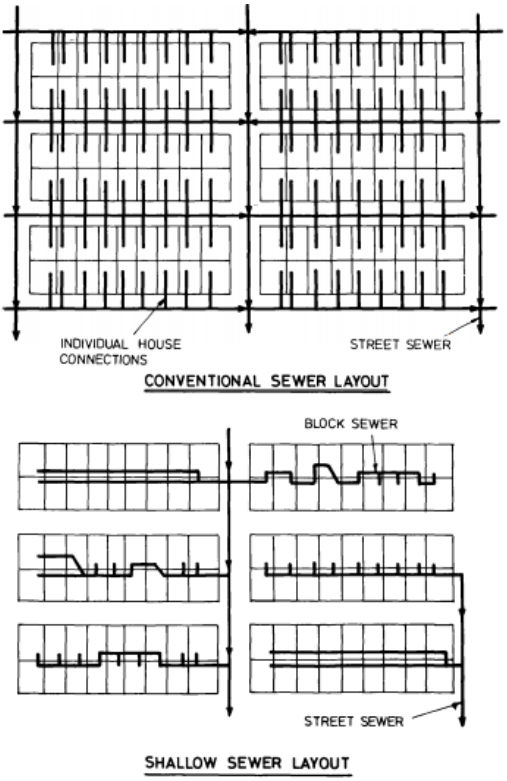
No. pipa	Slope	N	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/detik)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/detik)	d peak (m)
1	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,125	0,6	0,21	0,28	0,0158
2	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,065	0,5	0,15	0,24	0,0113
3	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,19	0,8	0,3	0,38	0,0225
4	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,22	0,69	0,25	0,32	0,0188
5	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,154	0,6	0,21	0,28	0,0158
6	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,564	1	0,55	0,47	0,0413
7	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,154	0,6	0,21	0,28	0,0158
8	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,089	0,5	0,15	0,24	0,0113
9	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,807	1,1	0,6	0,52	0,045
10	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,249	0,69	0,25	0,32	0,0188
11	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,113	0,6	0,21	0,28	0,0158
12	0,01	0,015	0,1	0,00448	0,57	0,543	1	0,5	0,57	0,05
13	0,01	0,015	0,075	0,00208	0,47	0,059	0,5	0,15	0,24	0,0113
14	0,01	0,015	0,1	0,00448	0,57	0,636	1	0,5	0,57	0,05
15	0,01	0,015	0,1	0,00448	0,57	0,636	1	0,5	0,57	0,05

Sumber: Perhitungan

5.3.2.2 Perencanaan Saluran Air Limbah di S.I, S.II, M.I, M.II, M.IV, M.V, M.VI, M.VII, M.VIII, M.IX, dan M.X

Perencanaan SPAL di S.I, S.II, M.I, M.II, M.IV, M.V, M.VI, M.VII, M.VIII, M.IX, dan M.X menggunakan sistem *shallow sewer* karena di wilayah tersebut terdapat akses air bersih yang memadai sehingga dirasa dapat dilakukan penggelontoran. Perencanaan SPAL di tiap wilayah berbeda-beda ada wilayah yang SPAL-nya dalam satu wilayah satu SPAL, satu wilayah dua SPAL, dan dua wilayah satu SPAL tergantung kondisi wilayahnya. Wilayah yang menerapkan dua SPAL untuk satu wilayah terletak di M.I dikarenakan apabila menggunakan satu SPAL dibutuhkan pompa di ujung pipa terakhir menuju IPAL, sehingga ntuk menghindari kebutuhan pompa SPAL dibagi dua yaitu M.I.a dan M.I.b. Sedangkan untuk wilayah yang menerapkan satu SPAL untuk dua wilayah adalah wilayah M.VII dengan M.VIII dan wilayah M.IX dengan M.X. Jaringan SPAL di wilayah M.VII digabungkan dengan wilayah M.VIII karena masih dalam satu dusun bernama Pereng Wetan, masih dapat dilakukan penyaluran secara gravitasi. Gabungan kedua wilayah untuk selanjutnya diberi kode M.PW. Sedangkan jaringan di wilayah M.IX dan M.X disatukan karena apabila dipisah hanya wilayah di M.X yang dapat diterapkan sistem gravitasi sedangkan di M.IX membutuhkan pompa, karena wilayah terletak dalam satu dusun bernama Pereng Kulon maka apabila dipisahkan ditakutkan terjadi kecemburuhan sosial maka jaringan SPAL di M.IX dan M.X disatukan dengan terdapat pemompaan di ujung akhir pipa menuju IPAL, yang untuk selanjutnya gabungan kedua wilayah diberi kode M.PK.

Perbedaan sistem *shallow sewer* dengan sistem biasanya, pada *shallow sewer* dapat lebih landai karena penanaman pipa tidak sedalam sistem *conventional* sehingga akan dapat mengurangi biaya pembangunan. Menurut UNCHS HABITAT (1986), bak kontrol pada *shallow sewer* dapat melayani beberapa sambungan rumah dua atau lebih pada suatu blok perumahan. Berikut *lay out* perbedaan sistem pada *shallow sewer* dan *conventional sewer*.



Gambar 5. 23. *Conventional & Shallow Sewer Layout* (Sumber: UNCHS HABITAT, 1986)

Sambungan dari WC memiliki diameter minimum 75 mm dengan kemiringan menuju bak kontrol sebesar 1/50 atau kedalaman 0,6 m pada jarak 3 m, namun dengan jarak kurang dari samadengan 5 m diijinkan menggunakan kemiringan 1/100 atau kedalaman 0,03 m pada jarak 3 meter dengan asumsi ada penggelontoran sebanyak 3 lt. Sedangkan untuk pipa selain dari WC menggunakan diameter minimum 38 mm atau biasanya dipakai 50 mm dengan kemiringan 1/200, dan terlebih dahulu dipasang *grease trap* sebelum masuk pipa sambungan (UNCHS

HABITAT, 1986). Berikut ini *layout* pemasangan sambungan rumah pada pemukiman tidak tertata dan tertata.

Gambar 5. 24. Pemasangan Pipa Sambungan Rumah pada Pemukiman Tertata dan Tidak Tertata (Sumber: UNCHS HABITAT, 1986)

Pada saluran utama menggunakan diameter minimum 100 mm. Kedalaman minimum debit di dalam pipa sebesar 0,2 kali diameter pipa dan kedalaman maksimum sebesar 0,8 kali diameter pipa. Kecepatan minimum sebesar 0,5 m/detik pada saat *self cleansing* sedangkan kecepatan maksimum tidak ada batasan. Pada perhitungan debit puncak apabila kurang dari 2,2 l/detik maka digunakan debit puncak sebesar 2,2 l/detik, apabila lebih dari 2,2 l/detik maka digunakan debit puncak hitungan, namun asumsi ini hanya berlaku pada wilayah dimana *shallow sewer* benar-benar dapat diterapkan yaitu daerah tersedia banyak air (UNCHS HABITAT, 1986).

Perencanaan di Sidorejo dan Melirang tidak menggunakan debit per hari berdasarkan SPM sebagaimana di desa Raci Wetan yang kesulitan air. Bila berdasarkan hasil kuisoner kebutuhan air di daerah tersebut tergolong tinggi, dalam sehari debit yang dipompa sebesar 242 l/hari. Namun dianggap debit tersebut tidak untuk satu hari, sehingga dalam mendesain SPAL direncanakan dengan pelayanan rata-rata kebutuhan air sebesar 120 l/org.hari. Berikut contoh perhitungan *shallow sewer* di saluran a RW.1 desa Sidorejo.

- Jarak titik awal ke akhir = 39 m
- Diameter pipa = 100 mm
- Elevasi tanah awal = 17 m
- Elevasi tanah akhir = 16 m
- Jumlah rumah = 8
- Jumlah jiwa per rumah direncanakan 5 orang (didapatkan dari rata-rata perbandingan total jiwa dengan KK)
- $Q\ kebutuhan\ air = 120\ l/hari \times 8\ rumah \times 5\ org$
  $= 4800\ l/hari = 0{,}056\ l/detik$
- $Q\ ave\ air\ limbah = 60\% \times 0{,}056\ l/detik$
  $= 0{,}033\ l/detik$
- $Q\ infiltrasi = 0$
- Q inflow = 0
- $Q\ peak = 0{,}002667 \times jmlh\ jiwa + Q\ ave$
  $= 0{,}002667 \times 8 \times 5 + 0{,}033\ l/detik$
  $= 0{,}140013\ l/detik$
  $Q\ peak\ tot = Q\ peak + Q\ infiltrasi + Q\ inflow$
  $= 0{,}140013\ l/dtk + 0\ l/dtk\ + 0\ l/dtk$
  $= 0{,}140013\ l/dtk$
  Kurang dari 2,2 l/detik maka digunakan 2,2 l/detik atau 0,0022 m^3/detik
- $Elevasi\ pipa\ awal = elevasi\ tanah\ awal - 0{,}6\ m$
  $= 17\ m - 0{,}6\ m = 16{,}4\ m$
- $Elevasi\ pipa\ akhir = elevasi\ tanah\ akhir - 0{,}6\ m$
  $= 16\ m - 0{,}6\ m = 15{,}4\ m$
- $Slope = \frac{16{,}4\ m - 15{,}4\ m}{39\ m} = 0{,}0256$
- $Q\ full = \frac{0{,}3117}{0{,}015} \times (0{,}1\ m)^{8/3} \times 0{,}0256^{0{,}5} = 0{,}00717\ \frac{m^3}{detik}$

- $v\ full = \frac{Q\ full}{A} = \frac{0{,}00717\ m^3/dtk}{1/4 \times 3{,}14 \times (0{,}1\ m)^2} = 0{,}91\ m/detik$
- $\frac{Q\ peak}{Q\ full} = \frac{0{,}00717\ m^3/dtk}{0{,}0022\ m^3/dtk} = 0{,}307$
- Untuk mengetahui kecepatan dan tinggi air di pipa saat puncak perlu diketahui nilai $\frac{v\ peak}{v\ full}$ dan $\frac{d\ peak}{D\ full}$ yang didapatkan dari membandingkan nilai $\frac{Q\ peak}{Q\ full}$ dengan grafik *Hydraulics Elements for Circular Sewer.* Dari grafik tersebut didapatkan nilai $\frac{v\ peak}{v\ full}$ sebesar 0,8 dan $\frac{d\ peak}{D\ full}$ sebesar 0,4 (Ok, minimum 0,2)
- $v\ peak = 0{,}8 \times 0{,}91\ m/dtk = 0{,}73\ m/detik$ (Ok, minimum 0,5 m/detik)
- $d\ peak = 0{,}4 \times 0{,}1\ m = 0{,}04\ m = 40\ mm$

Hasil perhitungan selengkapnya di wilayah S.I, S.II, M.I, M.II, M.IV, M.V, M.VI, M.VII, M.VIII, M.IX, dan M.X dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 20. Hasil Perhitungan SPAL di S.I

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	39	8	S.I.1	5	120	0,03333333	0,140013	2,2	0,0022	17	16
1	39	8	S.I.2	5	120	0,03333333	0,140013	2,2	0,0022	16	15
B	82	9		5	120	0,03750000	0,157515	2,2	0,0022	16	15
C	99	4		5	120	0,01666667	0,070007	2,2	0,0022	14	15
2	53	21	S.I.3	5	120	0,08750000	0,367535	2,2	0,0022	15	13
D	97	23		5	120	0,09583333	0,402538	2,2	0,0022	14	13
E	94	26		5	120	0,10833333	0,455043	2,2	0,0022	14	13
3	53	70	S.I.4	5	120	0,29166667	1,225117	2,2	0,0022	13	11
F	147	12		5	120	0,05000000	0,210020	2,2	0,0022	12	11
4	110	82	S.I.5	5	120	0,34166667	1,435137	2,2	0,0022	11	11
G	110	26		5	120	0,10833333	0,455043	2,2	0,0022	12	11
H	97	11		5	120	0,04583333	0,192518	2,2	0,0022	12	11
5	30	119	S.I.6	5	120	0,49583333	2,082698	2,2	0,0022	11	11
I	140	13		5	120	0,05416667	0,227522	2,2	0,0022	11	10
6	30	132	S.I.7	5	120	0,55000000	2,310220	2,3102	0,0023	10	9
J	180	19		5	120	0,07916667	0,332532	2,2	0,0022	12	9
K	20	3		5	120	0,01250000	0,052505	2,2	0,0022	8	9
7	102	154	S.I.ABR	5	120	0,64166667	2,695257	2,6953	0,0027	9	8

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 21. Lanjutan SPAL di S.I

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	16,4	15,4	0,6	0,6	0,0256	0,015	0,1	0,00717	0,91	0,307	0,8	0,4	0,73	0,04
1	15,4	14,4	0,6	0,6	0,0256	0,015	0,1	0,00717	0,91	0,307	0,8	0,4	0,73	0,04
B	15,4	14,4	0,6	0,6	0,0122	0,015	0,1	0,00494	0,63	0,445	0,85	0,41	0,54	0,041
C	13,4	12,72	0,6	2,283	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
2	12,72	12,35	2,283	0,648	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
D	13,4	12,4	0,6	0,6	0,0103	0,015	0,1	0,00455	0,58	0,484	0,99	0,48	0,57	0,048
E	13,4	12,4	0,6	0,6	0,0106	0,015	0,1	0,00462	0,59	0,476	0,99	0,48	0,58	0,048
3	12,35	10,39	0,648	0,614	0,0371	0,015	0,1	0,00862	1,1	0,255	0,8	0,33	0,88	0,033
F	11,4	10,39	0,6	0,614	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
4	10,39	9,628	0,614	1,372	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
G	11,4	10,4	0,6	0,6	0,0091	0,015	0,1	0,00427	0,54	0,515	1	0,5	0,54	0,05
H	11,4	10,4	0,6	0,6	0,0103	0,015	0,1	0,00455	0,58	0,484	0,99	0,48	0,57	0,048
5	9,628	9,4	1,372	1,6	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
I	10,4	9,4	0,6	0,6	0,0071	0,015	0,1	0,00378	0,48	0,581	1,05	0,55	0,51	0,055
6	9,4	7,562	0,6	1,438	0,0613	0,015	0,1	0,01108	1,41	0,208	0,8	0,33	1,13	0,033
J	11,4	8,4	0,6	0,6	0,0167	0,015	0,1	0,00578	0,74	0,381	0,85	0,41	0,63	0,041
K	7,7	7,562	0,3	1,438	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
7	7,562	7,001	1,438	0,999	0,0055	0,015	0,1	0,00332	0,42	0,812	1,18	0,68	0,5	0,068

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 22. Hasil Perhitungan SPAL di S.II

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	65	9	S.II.1	5	120	0,03750000	0,157515	2,2	0,0022	15	17
1	38	9	S.II.2	5	120	0,03750000	0,157515	2,2	0,0022	17	13
B	30	4		5	120	0,01666667	0,070007	2,2	0,0022	12	13
C	128	12	S.II.3	5	120	0,05000000	0,210020	2,2	0,0022	15	15
2	76	12	S.II.4	5	120	0,05000000	0,210020	2,2	0,0022	15	13
3	138	33		5	120	0,13750000	0,577555	2,2	0,0022	13	13
D	88	17		5	120	0,07083333	0,297528	2,2	0,0022	12	13
4	46	62	S.II.5	5	120	0,25833333	1,085103	2,2	0,0022	13	11
E	52	10		5	120	0,04166667	0,175017	2,2	0,0022	12	11
F	88	16		5	120	0,06666667	0,280027	2,2	0,0022	12	11
5	98	88	S.II.ABR	5	120	0,36666667	1,540147	2,2	0,0022	11	7

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 23. Lanjutan SPAL di S.II

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	14,4	13,95	0,6	3,048	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
1	13,95	11,19	3,048	1,807	0,0726	0,015	0,1	0,01206	1,54	0,182	0,75	0,33	1,15	0,033
B	11,4	11,19	0,6	1,807	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
C	14,4	13,52	0,6	1,483	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
2	14,4	12,4	0,6	0,6	0,0263	0,015	0,1	0,00726	0,93	0,303	0,79	0,35	0,73	0,035
3	11,19	10,24	1,807	2,759	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
D	11,4	10,79	0,6	2,207	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
4	10,24	9,4	2,759	1,6	0,0183	0,015	0,1	0,00605	0,77	0,363	0,85	0,41	0,66	0,041
E	10,4	9,4	1,6	1,6	0,0192	0,015	0,1	0,00621	0,79	0,354	0,85	0,41	0,67	0,041
F	11,4	10,4	0,6	0,6	0,0114	0,015	0,1	0,00477	0,61	0,461	0,85	0,41	0,52	0,041
5	9,4	6,4	1,6	0,6	0,0306	0,015	0,1	0,00783	1	0,281	0,75	0,33	0,75	0,033

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 24. Hasil Perhitungan SPAL di M.I.a

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	23	5	M.I.1	5	120	0,02083333	0,087508	2,2	0,0022	15	14
1	90	5	M.I.2	5	120	0,02083333	0,087508	2,2	0,0022	13	12
B	58	6		5	120	0,02500000	0,105010	2,2	0,0022	11,5	12
2	60	11	M.I.3	5	120	0,04583333	0,192518	2,2	0,0022	12	10
C	149	27		5	120	0,11250000	0,472545	2,2	0,0022	11	10
3	65	57	M.I.4	5	120	0,23750000	0,997595	2,2	0,0022	10	9
D	100	10		5	120	0,04166667	0,175017	2,2	0,0022	9,5	9
4	36	87	M.I.5	5	120	0,36250000	1,522645	2,2	0,0022	9	8
E	94	10		5	120	0,04166667	0,175017	2,2	0,0022	8	8
F	50	6		5	120	0,02500000	0,105010	2,2	0,0022	8	8
5	85	103	M.I.ABR.a	5	120	0,42916667	1,802672	2,2	0,0022	8	8

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 25. Lanjutan SPAL di M.I.a

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	14,4	13,4	0,6	0,6	0,0435	0,015	0,1	0,00934	1,19	0,236	0,8	0,3	0,95	0,03
1	12,4	11,4	0,6	0,6	0,0111	0,015	0,1	0,00472	0,6	0,466	0,95	0,45	0,57	0,045
B	10,9	10,5	0,6	1,5	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
2	10,5	9,4	1,5	0,6	0,0183	0,015	0,1	0,00606	0,77	0,363	0,81	0,4	0,63	0,04
C	10,4	9,372	0,6	0,628	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
3	9,372	8,21	0,628	0,79	0,0179	0,015	0,1	0,00599	0,76	0,368	0,81	0,4	0,62	0,04
D	8,9	8,21	0,6	0,79	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
4	8,21	7,055	0,79	0,945	0,0321	0,015	0,1	0,00802	1,02	0,274	0,8	0,3	0,82	0,03
E	7,7	7,052	0,3	0,948	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
F	7,4	7,055	0,6	0,945	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
5	7,052	6,466	0,948	1,534	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 26. Hasil Perhitungan SPAL di M.I.b

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
G	100	9	M.I.6	5	120	0,03750000	0,157515	2,2	0,0022	11,5	11
6	56	9	M.I.7	5	120	0,03750000	0,157515	2,2	0,0022	11	9
H	130	19		5	120	0,07916667	0,332532	2,2	0,0022	11	9
7	67	28	M.I.8	5	120	0,11666667	0,490047	2,2	0,0022	9	8
I	135	20		5	120	0,08333333	0,350033	2,2	0,0022	9,5	8
8	20	48	M.I.9	5	120	0,20000000	0,840080	2,2	0,0022	8	8
J	100	6		5	120	0,02500000	0,105010	2,2	0,0022	8	8
9	0,5	54	M.I.ABR.b	5	120	0,22500000	0,945090	2,2	0,0022	8	8

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 27. Lanjutan SPAL di M.I.b

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
G	10,9	10,21	0,6	0,79	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
6	10,21	8,4	0,79	0,6	0,0323	0,015	0,1	0,00805	1,03	0,273	0,8	0,3	0,82	0,03
H	10,4	8,4	0,6	0,6	0,0154	0,015	0,1	0,00555	0,71	0,396	0,95	0,4	0,67	0,04
7	8,4	7,4	0,6	0,6	0,0149	0,015	0,1	0,00547	0,7	0,402	0,95	0,4	0,66	0,04
I	8,9	7,4	0,6	0,6	0,0111	0,015	0,1	0,00472	0,6	0,466	0,97	0,45	0,58	0,045
8	7,4	6,71	0,6	1,29	0,0345	0,015	0,1	0,00831	1,06	0,265	0,8	0,3	0,85	0,03
J	7,4	6,71	0,6	1,29	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
9	6,71	6,707	1,29	1,293	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 28. Hasil Perhitungan SPAL di M.II

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	50	16	M.II1	5	120	0,06666667	0,280027	2,2	0,0022	14	13
1	85	16	M.II.2	5	120	0,06666667	0,280027	2,2	0,0022	12	11
B	54	10		5	120	0,04166667	0,175017	2,2	0,0022	11	11
C	57	9		5	120	0,03750000	0,157515	2,2	0,0022	11	11
D	53	6	M.II.3	5	120	0,02500000	0,105010	2,2	0,0022	10	10
2	32	6	M.II.4	5	120	0,02500000	0,105010	2,2	0,0022	10	10
E	68	12		5	120	0,05000000	0,210020	2,2	0,0022	10	10
3	55	18	M.II.5	5	120	0,07500000	0,315030	2,2	0,0022	10	8
4	160	29	M.II.6	5	120	0,12083333	0,507548	2,2	0,0022	8	8
F	155	23		5	120	0,09583333	0,402538	2,2	0,0022	9	8
G	87	24		5	120	0,10000000	0,420040	2,2	0,0022	9	8
5	83	35		5	120	0,14583333	0,612558	2,2	0,0022	11	8
6	30	111	M.II.7	5	120	0,46250000	1,942685	2,2	0,0022	8	7
H	87	4		5	120	0,01666667	0,070007	2,2	0,0022	7	7
7	0,5	115	M.II.ABR	5	120	0,47916667	2,012692	2,2	0,0022	7	7

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 29. Lanjutan SPAL di M.II

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	13,4	12,4	0,6	0,6	0,02	0,015	0,1	0,00633	0,81	0,347	0,81	0,4	0,65	0,04
1	11,4	10,01	0,6	0,993	0,0164	0,015	0,1	0,00573	0,73	0,384	0,95	0,45	0,69	0,045
B	10,4	10,03	0,6	0,972	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
C	10,4	10,01	0,6	0,993	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
D	9,4	9,034	0,6	0,966	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
2	9,034	8,814	0,966	1,186	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
E	9,4	8,931	0,6	1,069	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
3	8,814	7,4	1,186	0,6	0,0257	0,015	0,1	0,00718	0,91	0,307	0,8	0,4	0,73	0,04
4	7,4	6,297	0,6	1,703	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
F	8,4	7,331	0,6	0,669	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
G	8,4	7,4	0,6	0,6	0,0115	0,015	0,1	0,0048	0,61	0,458	0,95	0,45	0,58	0,045
5	10,01	6,297	0,993	1,703	0,0447	0,015	0,1	0,00947	1,21	0,232	0,8	0,3	0,96	0,03
6	6,297	5,8	1,703	1,2	0,0166	0,015	0,1	0,00576	0,73	0,382	0,95	0,45	0,7	0,045
H	6,4	5,8	0,6	1,2	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
7	5,8	5,797	1,2	1,203	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 30. Hasil Perhitungan SPAL di M.IV

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	140	46	M.IV.1	5	120	0,19166667	0,805077	2,2	0,0022	16	16
1	68	46	M.IV.2	5	120	0,19166667	0,805077	2,2	0,0022	16	15
B	176	25		5	120	0,10416667	0,437542	2,2	0,0022	16	15
C	161	19		5	120	0,07916667	0,332532	2,2	0,0022	15	15
D	136	11		5	120	0,04583333	0,192518	2,2	0,0022	16	15
2	59	111	M.IV.ABR	5	120	0,46250000	1,942685	2,2	0,0022	15	15

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 31. Lanjutan SPAL di M.IV

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	15,4	14,43	0,6	1,566	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
1	14,43	13,97	1,566	1,034	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
B	15,4	14,19	0,6	0,814	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
C	14,4	13,29	0,6	1,71	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
D	15,4	14,4	0,6	0,6	0,0074	0,015	0,1	0,00384	0,49	0,573	1,05	0,55	0,51	0,055
2	13,29	12,88	1,71	2,117	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 32. Hasil Perhitungan SPAL di M.V

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	50	5	M.V.1	5	120	0,02083333	0,087508	2,2	0,0022	15	14
B	50	5		5	120	0,02083333	0,087508	2,2	0,0022	15	14
1	30	10	M.V.2	5	120	0,04166667	0,175017	2,2	0,0022	14	13
C	50	3		5	120	0,01250000	0,052505	2,2	0,0022	14	13
D	50	3		5	121	0,01260417	0,052609	3,2	0,0032	13,5	13
2	40	16	M.V.3	5	120	0,06666667	0,280027	2,2	0,0022	13	12
E	60	4		5	120	0,01666667	0,070007	2,2	0,0022	12	12
3	45	35	M.V.4	5	120	0,14583333	0,612558	2,2	0,0022	12	13
F	35	9		5	120	0,03750000	0,157515	2,2	0,0022	14	13
4	6	44	M.V.ABR	5	120	0,18333333	0,770073	2,2	0,0022	13	12

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 33. Lanjutan SPAL di M.V

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	14,4	13,4	0,6	0,6	0,02	0,015	0,1	0,00633	0,81	0,347	0,81	0,4	0,65	0,04
B	14,4	13,4	0,6	0,6	0,02	0,015	0,1	0,00633	0,81	0,347	0,81	0,4	0,65	0,04
1	13,4	12,4	0,6	0,6	0,0333	0,015	0,1	0,00817	1,04	0,269	0,8	0,33	0,83	0,033
C	13,4	12,4	0,6	0,6	0,02	0,015	0,1	0,00633	0,81	0,347	0,81	0,4	0,65	0,04
D	12,9	12,4	0,6	0,6	0,01	0,015	0,1	0,00448	0,57	0,715	1,1	0,6	0,63	0,06
2	12,4	10,99	0,6	1,014	0,0353	0,015	0,1	0,00842	1,07	0,261	0,8	0,33	0,86	0,033
E	11,4	10,99	0,6	1,014	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
3	10,99	10,68	1,014	2,324	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
F	13,4	12,4	0,6	0,6	0,0286	0,015	0,1	0,00757	0,96	0,291	0,8	0,33	0,77	0,033
4	10,68	10,64	2,324	1,363	0,0065	0,015	0,1	0,0036	0,46	0,612	1,09	0,5	0,5	0,05

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 34. Hasil Perhitungan SPAL di M.VI

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani pipa	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	106	12	M.VI.1	5	120	0,05000000	0,210020	2,2	0,0022	14	12
B	100	9		5	121	0,03781250	0,157828	2,2	0,0022	14	12
C	30	5		5	122	0,02118056	0,087856	2,2	0,0022	12	12
1	74	26	M.VI.2	5	123	0,11104167	0,457752	2,2	0,0022	12	13
D	70	17		5	124	0,07319444	0,299889	2,2	0,0022	12	13
2	45	47	M.VI.3	5	126	0,20562500	0,832370	2,2	0,0022	13	13
3	30	50	M.VI.4	5	127	0,22048611	0,887236	2,2	0,0022	13	12
4	10	50	M.IV.ABR	5	127	0,22048611	0,887236	3,2	0,0032	12	11

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 35. Lanjutan SPAL di M.VI

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	13,4	11,4	0,6	0,6	0,0189	0,015	0,1	0,00615	0,78	0,358	0,81	0,4	0,63	0,04
B	13,4	11,4	0,6	0,6	0,02	0,015	0,1	0,00633	0,81	0,347	0,81	0,4	0,65	0,04
C	11,7	11,49	0,3	0,507	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
1	11,49	10,92	0,507	2,083	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
D	11,4	10,92	0,6	2,083	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
2	10,92	10,61	2,083	2,393	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
3	10,61	10,4	2,393	1,6	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
4	10,4	10,33	1,6	0,669	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,861	1,05	0,55	0,5	0,055

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 36. Hasil Perhitungan SPAL di M.VII dan M.VIII

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	49	5	M.PW.1	5	120	0,02083333	0,087508	2,2	0,0022	21	19
B	30	3	M.PW.2	5	120	0,01250000	0,052505	2,2	0,0022	15	15
1	88	12	M.PW.3	5	120	0,05000000	0,210020	2,2	0,0022	15	14
2	205	37		5	120	0,15416667	0,647562	2,2	0,0022	19	14
3	51	49	M.PW.4	5	120	0,20416667	0,857582	2,2	0,0022	14	13
C	107	20		5	120	0,08333333	0,350033	2,2	0,0022	14,5	13
D	120	16		5	120	0,06666667	0,280027	2,2	0,0022	13	13
4	53	85	M.PW.5	5	120	0,35416667	1,487642	2,2	0,0022	13	13
E	107	19		5	120	0,07916667	0,332532	2,2	0,0022	13	13
F	130	24		5	120	0,10000000	0,420040	2,2	0,0022	13	13
I	130	6	M.PW.6	5	120	0,02500000	0,105010	2,2	0,0022	13	10
5	120	13	M.PW.7	5	120	0,05416667	0,227522	2,2	0,0022	10	11
6	120	11		5	120	0,04583333	0,192518	2,2	0,0022	11	11
7	53	128		5	120	0,53333333	2,240213	2,2402	0,0022	13	11
G	130	28		5	120	0,11666667	0,490047	2,2	0,0022	11,5	11
H	130	19		5	120	0,07916667	0,332532	2,2	0,0022	11	11
8	15	199	M.PW.ABR	5	120	0,82916667	3,482832	3,4828	0,0035	11	10

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 37. Lanjutan SPAL di M.VII dan M.VIII

No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	20,4	18,4	0,6	0,6	0,0408	0,015	0,1	0,00904	1,15	0,243	0,8	0,3	0,92	0,03
B	14,4	14,19	0,6	0,807	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
1	14,19	13,59	0,807	0,414	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
2	18,4	13,4	0,6	0,6	0,0244	0,015	0,1	0,00699	0,89	0,315	0,87	0,4	0,77	0,04
3	13,4	12,4	0,6	0,6	0,0196	0,015	0,1	0,00627	0,8	0,351	0,9	0,4	0,72	0,04
C	13,9	12,4	0,6	0,6	0,014	0,015	0,1	0,0053	0,68	0,415	0,9	0,41	0,61	0,041
D	12,4	11,57	0,6	1,428	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
4	11,57	11,21	1,428	1,793	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
E	12,4	11,66	0,6	1,338	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
F	12,4	11,5	0,6	1,497	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
I	12,4	9,4	0,6	0,6	0,0231	0,015	0,1	0,0068	0,87	0,323	0,87	0,4	0,75	0,04
5	9,4	8,572	0,6	2,428	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
6	10,4	9,572	0,6	1,428	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
7	11,21	10,4	1,793	0,6	0,0152	0,015	0,1	0,00552	0,7	0,406	0,9	0,41	0,63	0,041
G	10,9	10	0,6	0,997	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
H	10,4	9,503	0,6	1,497	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
8	8,572	8,49	2,428	1,51	0,0055	0,015	0,125	0,00602	0,49	0,579	1,05	0,55	0,52	0,069

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 38. Hasil Perhitungan SPAL di M.IX dan M.X

No. pipa	Jarak (m)	Jumlah rumah terlayani	Kode Node	Jumlah jiwa/KK	Q kebutuhan air (l/org.hari)	Q average air limbah (l/detik)	Q peak (l/detik)	Q peak pakai		Elevasi tanah	
								l/detik	m^3/detik	Awal	Akhir
A	40	5	M.PK.1	5	120	0,02083333	0,087508	2,2	0,0022	14	14
1	68	5	M.PK.2	5	120	0,02083333	0,087508	2,2	0,0022	14	11
B	94	26		5	120	0,10833333	0,455043	2,2	0,0022	12,5	11
C	94	27		5	120	0,11250000	0,472545	2,2	0,0022	12	11
2	53	58	M.PK.3	5	120	0,24166667	1,015097	2,2	0,0022	11	9
D	90	30		5	120	0,12500000	0,525050	2,2	0,0022	10	9
E	197	25	M.PK.4	5	120	0,10416667	0,437542	2,2	0,0022	14	13
F	70	10		5	120	0,04166667	0,175017	2,2	0,0022	14	13
3	68	49	M.PK.5	5	120	0,20416667	0,857582	2,2	0,0022	13	12
4	120	49	M.PK.6	5	120	0,20416667	0,857582	2,2	0,0022	12	12
G	150	32		5	120	0,13333333	0,560053	2,2	0,0022	12,5	12
5	60	81	M.PK.7	5	120	0,33750000	1,417635	2,2	0,0022	12	9
H	86	22		5	120	0,09166667	0,385037	2,2	0,0022	10,5	9
I	130	27		5	120	0,11250000	0,472545	2,2	0,0022	10,5	9
6	76	88		5	120	0,36666667	1,540147	2,2	0,0022	9	9
7	31	218	M.PK.8	5	120	0,90833333	3,815363	3,8154	0,0038	9	8
J	140	14		5	120	0,05833333	0,245023	2,2	0,0022	8	8
K	76	12		5	120	0,05000000	0,210020	2,2	0,0022	8	8
8	31	244	M.PK.ABR	5	120	1,01666667	4,270407	4,2704	0,0043	8	8

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 39. Lanjutan SPAL di M.IX dan M.X

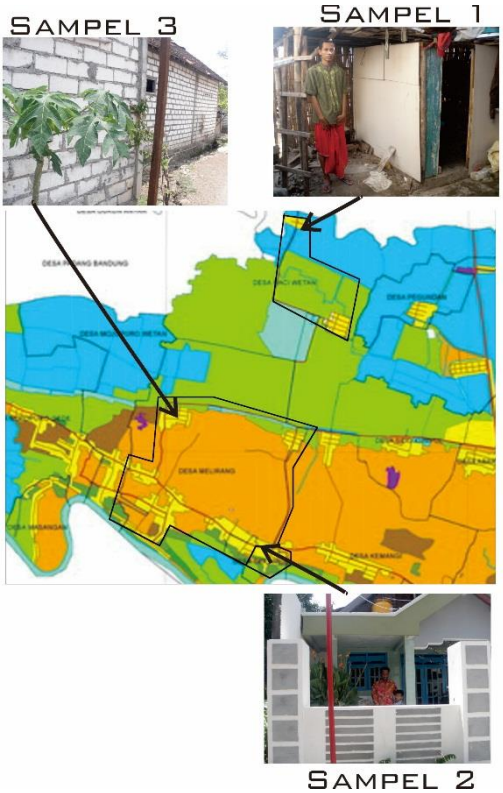
No. pipa	Elevasi pipa		Selisih elevasi tanah dengan pipa		Slope	n	Diameter (m)	Q full (m^3/detik)	v full (m/dtk)	Q peak/ Q full	v peak/ v full	d peak/ d full	v peak (m/dtk)	d peak (m)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir										
A	13,4	13,12	0,6	0,876	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
1	13,12	10,4	0,876	0,6	0,0401	0,015	0,1	0,00896	1,14	0,246	0,8	0,3	0,91	0,03
B	11,9	10,4	0,6	0,6	0,016	0,015	0,1	0,00566	0,72	0,389	0,9	0,4	0,65	0,04
C	11,4	10,4	0,6	0,6	0,0106	0,015	0,1	0,00462	0,59	0,476	0,95	0,5	0,56	0,05
2	10,4	8,4	0,6	0,6	0,0377	0,015	0,1	0,0087	1,11	0,253	0,8	0,3	0,89	0,03
D	9,4	8,4	0,6	0,6	0,0111	0,015	0,1	0,00472	0,6	0,466	0,95	0,5	0,57	0,05
E	13,4	12,04	0,6	0,959	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
F	13,4	12,4	0,6	0,6	0,0143	0,015	0,1	0,00535	0,68	0,411	0,9	0,41	0,61	0,041
3	12,04	11,4	0,959	0,6	0,0094	0,015	0,1	0,00435	0,55	0,506	1	0,5	0,55	0,05
4	11,4	10,57	0,6	1,428	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
G	11,9	10,87	0,6	1,134	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
5	10,57	8,4	1,428	0,6	0,0362	0,015	0,1	0,00852	1,09	0,258	0,8	0,3	0,87	0,03
H	9,9	8,4	0,6	0,6	0,0174	0,015	0,1	0,00591	0,75	0,372	0,9	0,4	0,68	0,04
I	9,9	8,4	0,6	0,6	0,0115	0,015	0,1	0,00481	0,61	0,457	0,95	0,5	0,58	0,05
6	8,4	7,876	0,6	1,124	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	1,05	0,55	0,5	0,055
7	7,876	6,434	1,124	1,566	0,0465	0,015	0,1	0,00965	1,23	0,395	0,9	0,4	1,11	0,04
J	7,4	6,434	0,6	1,566	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	0,81	0,4	0,38	0,04
K	7,4	6,876	0,6	1,124	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	0,592	0,81	0,4	0,38	0,04
8	6,434	6,221	1,566	1,779	0,0069	0,015	0,1	0,00372	0,47	1,149	0,81	0,4	0,38	0,04

Sumber: Perhitungan

Catatan: dari membagi debit puncak dengan debit rata-rata diketahui faktor puncak wilayah S.I = 4,2, S.II = 6, M.I.a = 5,1, M.I.b = 9,8, M.II = 4,6, M.IV = 4,8, M.V = 12, M.VI = 14,5, M.PW = 4,2, dan M.PK = 4,2. Jika melihat faktor puncak yang sangat besar seperti pada wilayah M.V dan M.VI sebaiknya dilakukan survei faktor puncak terlebih dahulu sebelum benar-benar diterapkan.

5.3.3 Perencanaan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik

Dalam merencanakan IPAL perlu diketahui besar konsentrasi air limbah domestik di wilayah tersebut. Konsentrasi diambil di 3 lokasi dalam satu hari, yaitu sampel 1 terdiri dari limbak *black water* dan *grey water* diambil di salah satu rumah di Raci Wetan, sampel 2 berupa limbah *grey water* diambil di salah satu rumah di Sidorejo, dan sampel 3 berupa limbah *grey water* diambil di Melirang. Berikut ini lokasi tempat pengambilan sampel.



Gambar 5. 25. Lokasi Pengambilan Sampel

Hasil laboratorium dari sampel yang diambil dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5. 40. Konsentrasi Air limbah Domestik tiap Sampel

Parameter	*Black water* sampel 1 (mg/l)	*Grey water* (mg/l)				Konsentrasi campuran (mg/l)
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata	
BOD	1500	71,04	17,76	15,8	35	419
COD	11907	88,8	88,8	236,8	138	3220
Amoniak	1879	23	3	19	15	503
TSS	440	40	100	40	60	160
pH	4,86	4,18	4,13	4,93	4	5

Sumber: Hasil Laboratorium

Dapat dilihat nilai COD sampel 1 *black water* sangat besar, hal ini dimungkinkan posisi pipa yang digunakan untuk mengambil sampel terlalu ke bawah sehingga yang terambil sebagian besar tinja murni yang menyebabkan sampel terlalu pekat, atau karena sampel diambil di Raci Wetan yang kesulitan air maka air limbah kurang encer. Namun karena terlalu besar pada perencanaan ini konsentrasi COD digunakan sebagaimana pembagian kategori air limbah oleh Mara (2004) yang dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5. 41. Kategori Konsentrasi Air Limbah Domestik

Beban	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
Lemah	< 200	< 400
Sedang	350	700
Kuat	500	1000
Sangat kuat	>500	> 1500

Sumber: Mara, 2004

5.3.3.1 Perencanaan Unit Pengolah Awal

a. *Grease Trap*

Grease trap berfungsi untuk menjebak minyak dan lemak, diletakkan di setiap rumah penduduk sebelum masuk pipa persil. Perencanaan *grease trap* disamakan tiap wilayah sehingga perhitungan hanya dilakukan satu kali untuk semua rumah. Berikut perhitungannya.

- HRT = 1 hari
- Kedalaman direncanakan 0,3 m
- Debit = 25 lt/org.hari (tipikal debit *grey water*, sumber: TTPS, 2010)
- $Q = 25\ lt/org.hari \times 4 \times 10^{-3}\ \frac{m^3}{lt} = 0{,}1\ m^3/hari$
- $Volume = HRT \times Q = 1\ hari \times 0{,}1\ m^3/hari = 0{,}1\ m^3$
- $Luas = \frac{volume}{kedalaman} = \frac{0{,}1\ m^3}{0{,}3\ m} = 0{,}33\ m^2$
- $sisi = \sqrt{luas} = \sqrt{0{,}33} = 0{,}58\ m$ (dianggap 0,6 m)

b. Bak Kontrol

Perencanaan bak kontrol dianggap semua sama, dengan luas permukaan 50x50 cm dan kedalamannya menyesuaikan pipa persil.

c. Interseptor

Interseptor hanya direncanakan pada wilayah yang menggunakan sistem *smallbore sewer* yaitu hanya di wilayah Raci Wetan, sedangkan di desa lainnya yang menerapkan *shallow sewer tidak dibutuhkan tangki interseptor.* Interseptor memiliki empat fungsi, yaitu mengurangi *suspended solid* pada air limbah yang akan dibawa ke IPAL dengan proses sedimentasi, menyimpan lumpur dan *scum*, meremoval lumpur secara anaerobik, dan atenuasi aliran. Ukuran Inlet tangki sama dengan atau lebih besar dari saluran masuk, dan outlet harus lebih kecil atau sama dengan saluran keluar guna menghambat aliran ukuran. Berikut perhitungan interseptor.

- Jumlah jiwa dalam 1 rumah 4-5 orang. (dipilih 5 sebagai keamanan)
- $Q\ air\ limbah = 60\% \times 60 l/org.hari \times 5\ org = 180\ l/hari$
- $th = 1{,}5 - 0{,}3 logQ = 1{,}5 - 0{,}3 log 180 = 0{,}82\ hari = 19$
  $= 0{,}28\ hari = 19{,}8\ jam$
  (Ok, 12-24 jam)
- $V\ pengendapan = Q \times th = 180 l/hari \times 0{,}82\ hari$
  $= 148{,}2\ l = 0{,}148\ m^3$
- Penyimpanan selama 3 tahun
- Debit pengolahan berdasarkan literatur = 70 l/org.tahun
- $V\ pengolahan = Q \times lama\ penyimpanan$
  $= 70\ l/org.tahun \times 5\ org \times 3\ tahun$
  $= 1050\ l = 1{,}05\ m^3$
- Luas direncanakan 2 m^2 dengan panjang 2 m dan lebar 1 m
- $h\ lumpur = \frac{V\ pengolahan}{A} = \frac{1{,}05\ m^3}{2\ m^2} = 0{,}525\ m$
- Volume *scum* berdasarkan literatur = 0,7 m^3
- $h\ scum = \frac{V\ scum}{A} = \frac{0{,}7\ m^3}{2\ m^2} = 0{,}35\ m$
- $h\ cairan\ di\ atas\ lumpur = 0{,}82 - 0{,}26 \times A$
  $= 0{,}82 - 0{,}62 \times 2\ m^2 = 0{,}3\ m$
  (Ok, minimum 0,3 m)
  Total kedalaman cairan ditambah 75 mm sebagai selisih jarak lapisan *scum* dengan bawah pipa outlet *tee* sehingga menjadi 0,375 m
- $h = \frac{V\ pengendapan}{A} = \frac{0{,}148\ m^3}{2\ m^2} = 0{,}074\ m$ (lebih kecil dari total kedalaman cairan, maka kedalaman cairan pakai menggunakan 0,375 m)
- $h\ total = 0{,}525\ m + 0{,}375\ m + 0{,}35\ m = 1{,}25\ m$
  (ditambah *freeboard* menjadi 1,5 m)

d. *Manhole*

Lubang masuk *Manhole* memiliki luas minimal 50x50 cm atau diameter 60 cm. Jarak antar *manhole* disesuaikan dengan kemudahan dalam membersihkan pipa dengan bantuan galah atau bambu. Pada perencanaan ini jarak antar *manhole* antara 50 m sampai 100 m.

5.3.3.2 Perencanaan ABR-ABF di R.II

Karena di R.II tepatnya di RW 2 Raci Wetan dibutuhkan pompa maka sebelumnya masuk IPAL direncanakan terlebih dahulu bangunan sumur pengumpul yang berfungsi untuk mengumpulkan air limbah yang diselanjutnya dipompakan ke IPAL. Berikut ini perhitungan sumur pengumpul

- Sumur
  - Q peak = 0,00089 m^3/detik
  - Lebar sisi direncanakan 0,8 m
  - Kedalaman pipa akhir = 4,13 m
  - Kedalaman sumur direncanakan 1 m dibawah pipa akhir
  - $h\ total = h\ pipa\ akhir + \Delta h$
    $= 4{,}13\ m + 1\ m = 5{,}13\ m$
- *Bar Screen*
  Perencanaan *bar screen* ini sama untuk semua sumur pengumpul menggunakan pompa
  - Jarak antar batang (a) = 50 mm
  - Lebar batang (b) = 15 mm
  - $n = \frac{lebar\ sumur + b}{a+b} = \frac{0{,}8\ m + 0{,}015\ m}{0{,}05\ m + 0{,}015\ m} = 12\ batang$
- Pompa
  - Direncanakan kecepatan = 0,35 m/detik
  - $A\ pipa = \frac{Q}{v} = \frac{0{,}00089\ m^3/detik}{0{,}35\ m/detik} = 0{,}0002537\ m^2$
  - $Diameter\ pipa = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}0002537\ m^2}{3{,}14}} = 0{,}057\ \mathrm{m}$
    Terpakai = 0,05 m
  - Panjang pipa = 8,13 m
  - $Hl = \left(\frac{0{,}00089\ \mathrm{m}^3/\mathrm{detik}}{0{,}2785 \times 140 \times (0{,}05\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 8{,}13\ \mathrm{m} = 0{,}04484\ \mathrm{m}$
  - $H = 0{,}04484\ \mathrm{m} + 5{,}13\ \mathrm{m} - 0{,}25\ \mathrm{m} = 4{,}9248\ \mathrm{m}$
  - $HHP = \frac{0{,}00089\ \frac{m^3}{detik} \times 997{,}07\ \frac{kg}{m^3} \times 4{,}9248\ m}{75} = 0{,}058\ \mathrm{Hp}$
  - $BHP = \frac{0{,}058\ Hp}{70\%} = 0{,}083\ \mathrm{Hp}$
  - $Nd = \frac{0{,}083\ \mathrm{Hp} \times (1 + 0{,}15)}{85\%} = 0{,}112\ \mathrm{Kwh}$

Karena wilayah Raci Wetan tergolong langka air sehingga diasumsikan konsentrasinya kurang encer sehingga dimungkinkan nilai konsentrasinya besar maka direncanakan COD sebesar 1500 mg/l berdasarkan Mara (2004).

Bangunan IPAL di Raci Wetan direncanakan menggunakan ABR dan ABF, terdapat dua pengolahan yangmana diasumsikan jika hanya menggunakan ABR masih belum mampu meremoval COD sebesar yang telah disebutkan sebelumnya hingga mencapai baku mutu yang dipersyaratkan, maka perlu ditambahkan unit ABF.

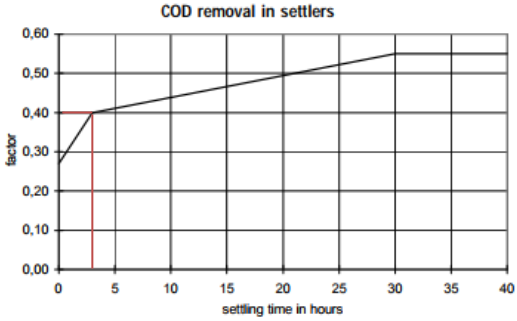
Berikut ini perencanaanya IPAL di R.II dengan unit ABR-ABF.

a. ABR

- Ruang pengendapan
  - Q ave = 0,00012 m^3/detik = 10,4 m^3/hari
  - Faktor peak = 2
  - $Q\ peak = 0{,}00012\ m^3/detik \times 2 = 0{,}00024\ m^3/detik$
  - Direncanakan HRT = 3 jam = 10800 detik
  - Menghitung beban konsentrasi masuk ke IPAL

$$CODin = 1500\frac{mg}{l} \times 10{,}4\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\frac{kg}{mg} \times 10^3\frac{l}{m^3}$$
$$= 15{,}6\ kg/hari$$
$$BODin = 419\frac{mg}{l} \times 10{,}4\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\frac{kg}{mg} \times 10^3\frac{l}{m^3}$$
$$= 4{,}3\ kg/hari$$
$$TSSin = 160\frac{mg}{l} \times 10{,}4\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\frac{kg}{mg} \times 10^3\frac{l}{m^3}$$
$$= 1{,}7\ kg/hari$$

  - Efisiensi penurunan COD didapatkan dengan grafik berikut

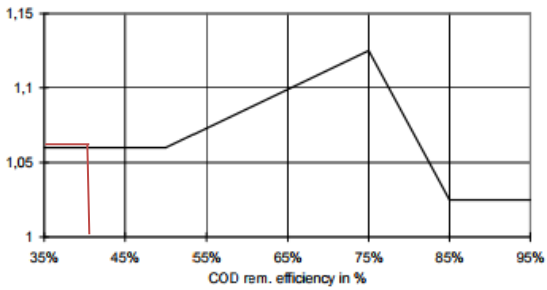


Gambar 5. 26. Grafik *COD Removal in Settler* (Sumber: Sasse, 1998)

Dengan HRT 3 jam didapatkan efisiensi sebesar 40%

$$[CODout] = (100\% - 40\%) \times 1500\ mg/l$$
$$= 900\ mg/l$$
$$Beban\ CODout = (100\% - 40\%) \times 15{,}6\ kg/hari$$
$$= 9{,}3\ kg/hari$$

- Efisiensi penurunan BOD didapatkan dengan grafik berikut



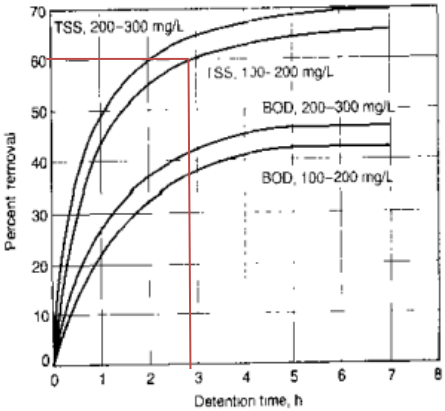
Gambar 5. 27. Grafik *Ratio of Efficiency of BOD Removal to COD Removal* (Sumber: Sasse, 1998)

Dengan efisiensi penurunan COD sebesar 40% didapatkan faktor rasio sebesar 1,05

$$Removal\ BOD = 1{,}05 \times 40\% = 42\%$$

$[BODout] = (100\% - 42\%) \times 419\ mg/l = 242{,}8\ mg/l$
$Beban\ BODout = (100\% - 42\%) \times 4{,}3\ kg/hari$
$= 2{,}5\ kg/hari$

- Efisiensi penurunan TSS didapatkan dengan grafik berikut



Gambar 5. 28. Grafik *Typical BOD and TSS Removal in Primary Sedimentation Tanks* (Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Dengan HRT 3 jam dan konsentrasi TSS sebesar 160 mg/l didapatkan efisiensi penurunan TSS sebesar 60%
$TSSout = (100\% - 60\%) \times 160\ mg/l = 63{,}8\ mg/l$
$Beban\ TSSout = (100\% - 60\%) \times 1{,}7\ kg/hari$
$= 0{,}7\ kg/hari$

- $Volume = Q \times HRT$
  $= 0{,}00012\ m^3/detik \times 10800\ detik = 1{,}296\ m^3$
- Kedalaman *settler* direncanakan 0,8 m
- $As = \frac{V}{h} = \frac{1{,}296\ m^3}{0{,}8\ m} = 1{,}62\ m^2$
  Dari luasan tersebut direncanakan lebar 1 m dan panjang 1,7 m
- $Beban\ permukaan = \frac{Q\ ave}{p \times l} = \frac{10{,}4\ m^3/hari}{1{,}7\ m \times 1\ m} = 6{,}1\ \frac{m^3}{m^2.hari}$
  Beban permukaan pada saat debit puncak
  Q peak = 0,00024 m^3/detik = 20,7 m^3/hari

$$Beban\ permukaan = \frac{Q\ peak}{p \times l} = \frac{20{,}7\ m^3/hari}{1{,}7\ m \times 1\ m} = 12{,}2 \frac{m^3}{m^2.hari}$$

(JWWA: 20-50 m^3/m^2.hari) tidak memenuhi kriteria, namun jika ingin dicapai kedalaman bisa sampai 3 m, maka diabaikan

- Menghitung ruang lumpur

  Konsentrasi lumpur = 6% (tipikal pada pengolahan hanya pengendapan pada air limbah konsentrasi sedang sampai tinggi, sumber: Metcalf & Eddy 4th Edition, 2003)

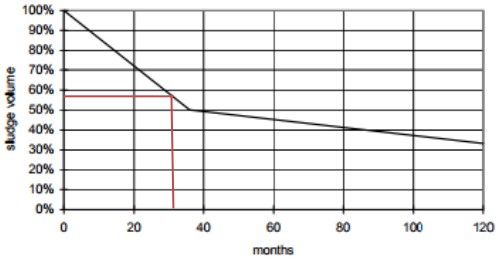
  ρ solid = 2,65 kg/l

  ρ air = 1 kg/l

$$\rho\ lumpur = \frac{(\%solid \times \rho\ solid) + (\%air \times \rho\ air)}{100\%}$$

$$= \frac{(6\ \% \times 2{,}65\ kg/l) + (94\ \% \times 1\ kg/l)}{100\%} = 1{,}099$$

Pengurasan 3 tahun sekali



Gambar 5. 29. Grafik *Reduction of Sludge Volume During Storage* (Sumber: Sasse, 1998)

Berdasarkan grafik di atas didapatkan penurunan lumpur selama 3 tahun atau 36 bulan sebesar 55%

$$Beban\ TSS = 1{,}7\ kg/hari - 0{,}7\ kg/hari = 1\ kg/hari$$

$$Produksi\ lumpur = 1 \frac{kg}{hari} \times 3\ tahun \times 365 \frac{hari}{th} \times 55\%$$

$$= 597{,}7\ kg\ selama\ 3\ tahun$$

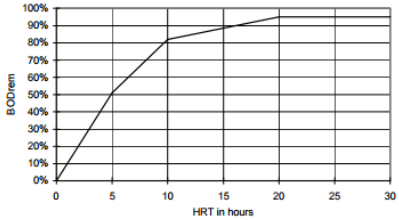
$$Vol.lumpur = \frac{597{,}7\ kg}{1{,}099\ kg/l} = 543{,}8\ l = 0{,}54\ m^3$$

- $h\ lumpur = \frac{V\ lumpur}{As} = \frac{0{,}54\ m^3}{1{,}7\ m \times 1\ m} = 0{,}32\ m$
- $h\ total = h\ pengendapan + h\ lumpur$

$= 0{,}8\ m + 0{,}32\ m = 1{,}12\ m$

- $h\ ABR = h\ total + freeboard$
  $= 1{,}12\ m + 0{,}25\ m = 1{,}37\ m$ (dipakai 1,4 m)

- Kompartemen
  - Konsentrasi masuk COD, BOD, dan TSS berturut-turut sebesar 900 mg/l, 242,8 mg/l, 63,8 mg/l
  - Lebar = lebar pengendapan = 1 m
  - Kedalaman pengolahan samadengan kedalaman pengendapan tanpa *freeboard* ditambah 0,3 m
    $h = 1{,}12\ m + 0{,}3\ m = 1{,}42\ m$ (penambahan kedalaman dilakukan untuk mendapatkan jumlah kompartemen yang optimum)
  - v *downflow* di BORDA = 4,16 m/jam = 0,001156 m/dtk
  - $A\ downflow = \frac{0{,}00012\ m^3/detik}{0{,}001156\ m/detik} = 0{,}104\ m^2$
  - $p\ downflow = \frac{0{,}104\ m^2}{1\ m} = 0{,}104\ m$ = dianggap 0,1 m
  - Dengan mencoba-coba direncanakan panjang *upflow* = 0,7 m
  - $\%\ kedalaman = \frac{p}{h} \times 100\% = \frac{0{,}7\ m}{1{,}42\ m} \times 100\% = 49{,}3\ \%$
    (panjang ≤ 60% kedalaman, sumber: Sasse, 1998)
  - $v = \frac{0{,}00012\ m^3/detik}{0{,}7\ m \times 1\ m} \times 3600\ \frac{detik}{jam} = 0{,}62\ m/detik$
  - $cek\ vpeak = \frac{0{,}00024\ m^3/detik}{0{,}7\ m \times 1\ m} \times 3600\ \frac{detik}{jam} = 1{,}2\ m/detik$
    (Ok, ≤ 2 m/jam)
  - $V.per\ kompartemen = p_{downflow-upflow} \times l \times h$
    $= (0{,}1\ m + 0{,}7\ m) \times 1\ m \times 1{,}42\ m$
    $= 1{,}14\ m^3$
  - Direncanakan effluen BOD ABR sebesar 29 mg/l (baku mutu 30 mg/l)
    $\%removal = \left(1 - \frac{29\ mg/l}{30\ mg/l}\right) \times 100\% = 88{,}06\%$
    (digunakan 89%)
  - Volume total kompartemen didapatkan dengan menggunakan grafik berikut



Gambar 5. 30. Grafik *BODrem in Relation to HRT for ABR* (Sumber: Sasse, 1998)

Dari grafik diketahui BOD *removal* sebesar 89% diantara 80 sampai 90% pada HRT antara 10 sampai 15 jam, maka didapatkan HRT sebagai berikut.

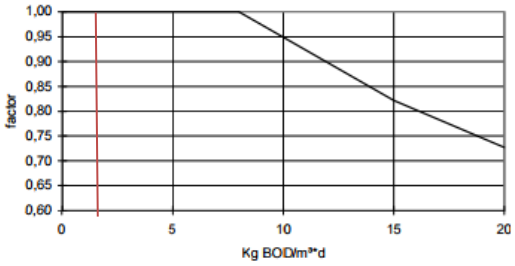
$$HRT = 15 - \frac{90-89}{90-80} \times (15-10)$$
$$= 14{,}5\ jam = 52200\ dtk$$
$$[BODout] = (100\% - 89\%) \times 242{,}8\ mg/l = 26{,}7\ mg/l$$

HRT tereduksi oleh 5% lumpur (Sumber: Sasse, 1998)

$$Vol.total = Q \times HRT \times 105\ \%$$ (5% untuk lumpur)
$$= 0{,}00012\ \frac{m^3}{dtk} \times 52200\ detik \times 105\ \%$$
$$= 6{,}6\ m^3$$

- $Jumlah\ kompartemen = \frac{vol.total}{vol.tiap\ kompartemen}$
  $= \frac{6{,}6\ m^3}{1{,}14\ m^3}$
  $= 5{,}7$ (dipakai 6)
- Perhitungan faktor *overload*
  Q peak spal = 76,7 m^3/hari
  $$OLR\ BOD = \frac{Q\ peak \times BODin}{V} = \frac{76{,}7\ \frac{m^3}{hari} \times 242{,}8\ \frac{mg}{l} \times 10^{-6}\ \frac{kg}{mg} \times 10^3\ \frac{l}{m^3}}{9{,}1\ m^3}$$
  $$= 2{,}83\ kg/m^3.hari$$

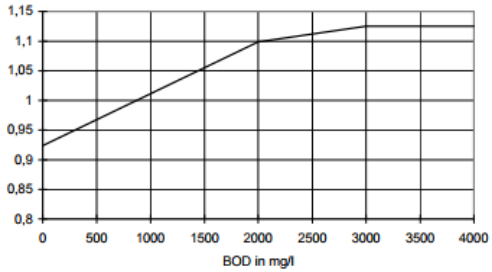
  Dari OLR yang didapat diplotkan pada grafik untuk mendapatkan faktor *overload*



Gambar 5. 31. Grafik *BODrem in Relation to Organic Load for ABR* (Sumber: Sasse, 1998)

Didapatkan f over = 1

- Perhitungan faktor *strength* dengan menggunakan grafik berikut

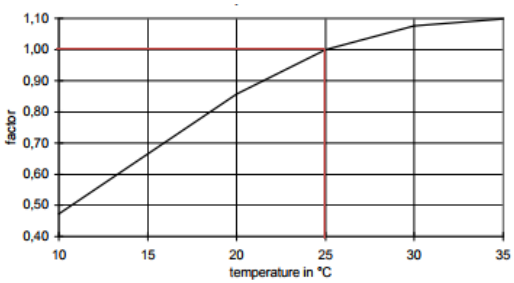


Gambar 5. 32. Grafik *BODrem in Relation to Wastewater Strength* (Sumber: Sasse, 1998)

Dari grafik tersebut diketahui konsentrasi BOD 242,8 mg/l terletak antara konsentrasi 0-2000 mg/l dengan nilai faktor terletak pada kisaran 0,925-1,1. Maka dilakukan perhitungan berikut untuk mendapatkan faktor *strength*

$$f\ stre = 1{,}1 - \frac{2000-242{,}8}{2000-0} \times (1{,}1 - 0{,}925) = 0{,}946$$

- Faktor suhu didapatkan dengan grafik berikut



Gambar 5. 33. Grafik *CODrem Relative to Temperature for Anaerobic Reactors* (Sumber: Sasse, 1998)

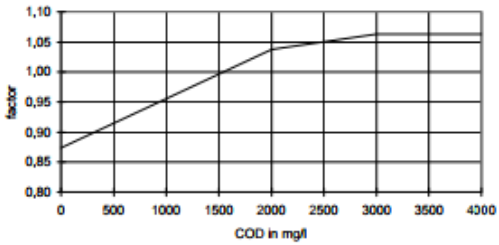
Suhu terpakai 25° C didapatkan nilai f temp sebesar 1

- $COD\ removal = f\ over \times f\ stre \times f\ temp \times f\ HRT$
  $= 1 \times 0{,}946 \times 1 \times 0{,}89 = 84{,}2\%$
  $[CODout] = (100\% - 84{,}2\%) \times 900\ mg/l$
  $= 142{,}1\ mg/l$ (melebihi baku mutu 100 mg/l)

Dikarenakan hasil akhir COD masih melebihi baku mutu maka ditambahkan *anaerobic biofilter* di kompartemen akhir.

b. ABF

- Konsentrasi masuk COD sebesar 142,1 mg/l
- Q ave = 0,00012 m^3/detik
- Kedalaman reaktor = kedalaman pengolahan di ABR = 1,42 m
- Lebar filter = lebar ABR = 1 m
- Panjang zona filter = panjang zona *upflow* kompartemen ABR = 0,7 m
- $Vol.reaktor\ ruang\ filter = p \times l \times h\ reaktor$
  $= 0{,}7\ m \times 1\ m \times 1{,}42\ m$
  $= 0{,}99\ m^3$
- $Vol.filter = 60\% \times 0{,}99\ m^3 = 0{,}596\ m^3$
- $h\ filter = \frac{vol.filter}{p \times l} = \frac{0{,}596\ m^3}{0{,}7\ m \times 1\ m} = 0{,}85\ m$ (dipakai 0,9 m)
- f temp = 1 (pada suhu 25° C)
- Faktor *strength* didapatkan dengan grafik berikut

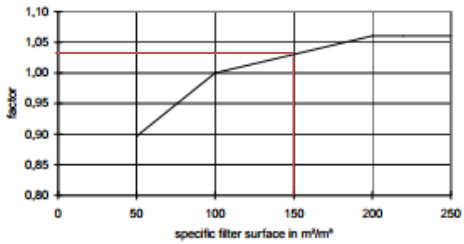


Gambar 5. 34. Grafik *CODrem in Relation to Wastewater Strength for Anaerobic Filters* (Sumber: Sasse, 1998)

Dari grafik diketahui konsentrasi COD sebesar 142,1 mg/l terletak pada kisaran 0-2000 mg/l dengan nilai faktor pada kisaran 0,875-1,04, maka f stre dihitung sebagai berikut

$$f\ stre = 1{,}04 - \frac{2000-142{,}1}{2000-0} \times (1{,}04 - 0{,}875) = 0{,}89$$

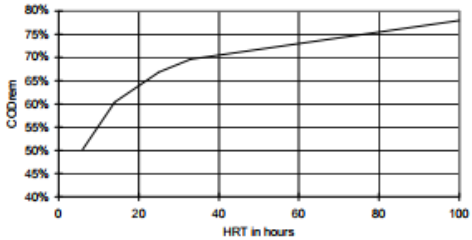
- Direncanakan media berupa sarang tawon dengan luas spesifik 150 m^2/m^3. Dari luas tersebut diketahui nilai faktor *surface* dengan melihat grafik berikut



Gambar 5. 35. Grafik *CODrem in Relation to Specific Filter Surface* (Sumber: Sasse, 1998)

Didapatkan f surf = 1,035

- $HRT = \frac{V\ filter}{Q} = \frac{0{,}0{,}596\ m^3}{0{,}00012\ m^3/detik} = 4969{,}6\ detik = 1{,}38\ jam$
- Faktor HRT didapatkan dengan grafik berikut



Gambar 5. 36. Grafik *CODrem in Relation to HRT for Anaerobic Filters* (Sumber: Sasse, 1998)

Nilai HRT tidak berada pada kisaran grafik maka dianggap grafik linear ke bawah sehingga didapatkan persentase penurunan COD sebagai berikut

$f\ HRT = 0{,}6 - \frac{15-1{,}38}{15-5} \times (0{,}6 - 0{,}5) = 0{,}46$

- $COD\ removal = f\ HRT \times f\ temp \times f\ stre \times f\ surf$
  $= 0{,}46 \times 1 \times 0{,}89 \times 1{,}035 = 42{,}6\%$
  $[CODout] = (100\% - 42{,}6\%) \times 142{,}1\ mg/l = 81{,}6\ mg/l$
  (Ok, kurang dari baku mutu 100 mg/l)

5.3.3.2. Perencanaan ABR-ABF di R.I

Karena di R.I tepatnya di RW 1 Raci Wetan juga dibutuhkan pemompaan maka direncanakan sumur pengumpul sebagai berikut.

- Sumur
  - Q peak = 0,00285 m^3/detik
  - Lebar sisi direncanakan 0,8 m
  - Kedalaman pipa akhir = 5,62 m
  - Kedalaman sumur direncanakan 1 m dibawah pipa akhir
    $h\ total = 5{,}62\ m + 1\ m = 6{,}62\ m$
- Pompa
  - Direncanakan kecepatan = 0,35 m/detik
  - $A\ pipa = \frac{0{,}00285\ m^3/detik}{0{,}35\ m/detik} = 0{,}0081\ m^2$

- $Diameter\ pipa = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}0081\ m^2}{3{,}14}} = 0{,}102\ \mathrm{m}$

  Terpakai = 0,1 m
- Panjang pipa = 7,62 m
- $Hl = \left(\frac{0{,}00285\ \mathrm{m^3/detik}}{0{,}2785 \times 140 \times (0{,}1\ m)^{2{,}63}}\right)^{1{,}85} \times 7{,}62\ \mathrm{m}$

  $= 0{,}0125\ \mathrm{m}$
- $H = 0{,}0125\ \mathrm{m} + 7{,}62\ \mathrm{m} - 0{,}25\ \mathrm{m} = 6{,}3825\ \mathrm{m}$
- $HHP = \frac{0{,}00285\ \frac{m^3}{detik} \times 997{,}07\ \frac{kg}{m^3} \times 6{,}3825\ m}{75} = 0{,}242\ \mathrm{Hp}$
- $BHP = \frac{0{,}242\ Hp}{70\%} = 0{,}345\ \mathrm{Hp}$
- $Nd = \frac{0{,}345\ \mathrm{Hp} \times (1 + 0{,}15)}{85\%} = 0{,}467\ \mathrm{Kwh}$

Bar screen tidak dihitung karena dimensinya sama dengan yang di sumur pengumpul R.II. Untuk unit IPAL-nya karena masih termasuk wilayah Raci Wetan yang langka air maka IPAL yang digunakan juga berupa unit ABR-ABF seperti R.II. Berikut ini hasil perhitungan IPAL di R.I dengan unit ABR-ABF.

a. ABR

- Ruang pengendapan
  - Q ave = 0,00039 m^3/detik = 33,3 m^3/hari
  - Faktor peak = 2
  - $Q\ peak = 0{,}00039\ m^3/detik \times 2 = 0{,}00077\ m^3/detik$
  - Direncanakan HRT = 3 jam = 10800 detik
  - Menghitung beban konsentrasi masuk ke IPAL

    $$CODin = 1500\,\frac{mg}{l} \times 33{,}3\,\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\,\frac{kg}{mg} \times 10^3\,\frac{l}{m^3}$$
    $$= 49{,}9\ kg/hari$$
    $$BODin = 419\,\frac{mg}{l} \times 33{,}3\,\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\,\frac{kg}{mg} \times 10^3\,\frac{l}{m^3}$$
    $$= 13{,}9\ kg/hari$$
    $$TSSin = 160\,\frac{mg}{l} \times 33{,}3\,\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\,\frac{kg}{mg} \times 10^3\,\frac{l}{m^3}$$
    $$= 5{,}3\ kg/hari$$
  - Berdasarkan grafik *COD Removal in Settler* didapatkan efisiensi penurunan COD =40%

$[CODout] = (100\% - 40\%) \times 1500\ mg/l$
$= 900\ mg/l$
$Beban\ CODout = (100\% - 40\%) \times 49{,}9\ kg/hari$
$= 29{,}9\ kg/hari$

- Berdasarkan grafik *Ratio of Efficiency of BOD Removal to COD Removal* efisiensi penurunan COD sebesar 40% didapatkan faktor rasio sebesar 1,05
  $Removal\ BOD = 1{,}05 \times 40\% = 42\%$
  $[BODout] = (100\% - 42\%) \times 419\ mg/l = 242{,}8\ mg/l$
  $Beban\ BODout = (100\% - 42\%) \times 13{,}9\ kg/hari$
  $= 8{,}1\ kg/hari$
- Berdasarkan grafik *Typical BOD and TSS Removal in Primary Sedimentation Tanks* didapatkan HRT 3 jam dan konsentrasi TSS sebesar 160 mg/l didapatkan efisiensi penurunan TSS sebesar 60%
  $TSSout = (100\% - 60\%) \times 160\ mg/l = 63{,}8\ mg/l$
  $Beban\ TSSout = (100\% - 60\%) \times 5{,}3\ kg/hari$
  $= 2{,}1\ kg/hari$
- $Volume = 0{,}00039\ m^3/detik \times 10800\ detik = 1{,}745\ m^3$
- Kedalaman pengendapan direncanakan 0,84 m
- $As = \frac{1{,}745\ m^3}{0{,}84\ m} = 4{,}95\ m^2$
  Dari luasan tersebut direncanakan lebar 2,4 m dan panjang 2,1 m
- $Beban\ permukaan = \frac{33{,}3\ m^3/hari}{2{,}4\ m \times 2{,}1\ m} = 6{,}6 \frac{m^3}{m^2.hari}$
  Beban permukaan pada saat debit puncak
  Q peak = 0,00077 m^3/detik = 66,5 m^3/hari
  $Beban\ permukaan = \frac{66{,}5\ m^3/hari}{2{,}4\ m \times 2{,}1\ m} = 13{,}2 \frac{m^3}{m^2.hari}$
- Menghitung ruang lumpur
  Pengurasan 3 tahun sekali
  Berdasarkan grafik *Reduction of Sludge Volume During Storage* didapatkan penurunan lumpur selama 3 tahun atau 36 bulan sebesar 55%
  $Beban\ TSS = 2{,}7\ kg/hari - 1{,}1\ kg/hari = 1{,}6\ kg/hari$
  $Produksi\ lumpur = 3{,}2 \frac{kg}{hari} \times 3\ tahun \times 365 \frac{hari}{th} \times 55\%$
  $= 1917{,}5\ kg\ selama\ 3\ tahun$

$$Vol.lumpur = \frac{1917{,}7\ kg}{1{,}099\ kg/l} = 1744{,}7\ l = 1{,}74\ m^3$$

- $h\ lumpur = \frac{1{,}74\ m^3}{2{,}4\ m \times 2{,}1\ m} = 0{,}35\ m$
- $h\ total = 0{,}84\ m + 0{,}35\ m = 1{,}19\ m$
- $h\ ABR = 1{,}19\ m + 0{,}25\ m = 1{,}43\ m$ (dipakai = 1,45 m)

- Kompartemen
  - Konsentrasi masuk COD, BOD, dan TSS berturut-turut sebesar 900 mg/l, 242,8 mg/l, 63,8 mg/l
  - Lebar = lebar pengendapan = 1,2 m
  - Kedalaman pengolahan samadengan kedalaman pengendapan tanpa *freeboard* ditambah 0,3 m
    $h = 1{,}19\ m + 0{,}3\ m = 1{,}49\ m$ (penambahan kedalaman dilakukan untuk mendapatkan jumlah kompartemen yang optimum)
  - v *downflow* di BORDA = 4,16 m/jam = 0,001156 m/dtk
  - $A\ downflow = \frac{0{,}00039\ m^3/detik}{0{,}001156\ m/detik} = 0{,}333\ m^2$
  - $p\ downflow = \frac{0{,}333\ m^2}{2{,}4\ m} = 0{,}138\ m$ = dianggap 0,14 m
  - Dengan mencoba-coba direncanakan panjang *upflow* = 0,71 m
  - $\%\ kedalaman = \frac{0{,}71\ m}{1{,}49\ m} \times 100\% = 59{,}9\ \%$
    (panjang ≤ 60% kedalaman, sumber: Sasse, 1998)
  - $v = \frac{0{,}00039\ m^3/detik}{0{,}71\ m \times 2{,}4\ m} \times 3600\ \frac{detik}{jam} = 0{,}81\ m/detik$
  - $cek\ vpeak = \frac{0{,}00077\ m^3/detik}{0{,}71\ m \times 2{,}4\ m} \times 3600\ \frac{detik}{jam} = 1{,}6\ m/detik$
    (Ok, ≤ 2 m/jam)
  - $V.per\ kompart = (0{,}14\ m + 0{,}71\ m) \times 2{,}4\ m \times 1{,}49\ m$
    $= 3{,}03\ m^3$
  - Dari grafik *BODrem in Relation to HRT for ABR* dipilih HRT 14,5 jam untuk mendapatkan efisiensi penurunan BOD sebesar 89%
    $[BODout] = (100\% - 89\%) \times 242{,}8\ mg/l = 26{,}7\ mg/l$
    $Vol.total = 0{,}00039\ \frac{m^3}{dtk} \times 3600\ \frac{dtk}{jam} \times 14{,}5\ jam \times 105\ \%$
    $= 21{,}1\ m^3$
  - $Jumlah\ kompartemen = \frac{21{,}1\ m^3}{3{,}03\ m^3}$
    $= 6{,}96$ (dipakai 7 buah)

- Perhitungan faktor *overload*
  Q peak spal = 246,2 m^3/hari
  $$OLR\ BOD = \frac{246{,}2\ \frac{m^3}{hari} \div 2 \times 242{,}8\ \frac{mg}{l} \times 10^{-6}\ \frac{kg}{mg} \times 10^3 \frac{l}{m^3}}{14{,}6\ m^3}$$
  $$= 2{,}83\ kg/m^3.hari$$
  Dari *BODrem in Relation to Organic Load for ABR* didapatkan faktor *overload* sebesar 1
- f stre =0,946
- f temp = 1
- $COD\ removal = f\ over \times f\ stre \times f\ temp \times f\ HRT$
  $$= 1 \times 0{,}946 \times 1 \times 0{,}89 = 84{,}2\%$$
  $$[CODout] = (100\% - 84{,}2\%) \times 900\ mg/l$$
  $$= 142{,}1\ mg/l$$

b. ABF

- Konsentrasi masuk COD sebesar 142,1 mg/l
- Q ave = 0,00039 m^3/detik
- Kedalaman reaktor = kedalaman pengolahan di ABR = 1,49 m
- Lebar filter = lebar ABR = 2,4 m
- Panjang zona filter = panjang zona *upflow* kompartemen ABR = 0,71 m
- $V = 0{,}71\ m \times 2{,}4\ m \times 1{,}49\ m = 2{,}53\ m^3$
- $Vol.filter = 60\% \times 2{,}53\ m^3 = 1{,}52\ m^3$
- $h\ filter = \frac{1{,}52\ m^3}{0{,}71\ m \times 2{,}4\ m} = 0{,}89\ m$ (terpakai 0,9 m)
- f temp = 1 (pada suhu 25° C)
- f stre = 0,89
- f surf = 1,035
- $HRT = \frac{V\ filter}{Q} = \frac{1{,}52\ m^3}{0{,}00039\ m^3/detik} = 3946{,}7\ detik = 1{,}096\ jam$
- $f\ HRT = 0{,}6 - \frac{15-1{,}096}{15-5} \times (0{,}6 - 0{,}5) = 0{,}46$
- $COD\ removal = f\ HRT \times f\ temp \times f\ stre \times f\ surf$
  $$= 0{,}46 \times 1 \times 0{,}89 \times 1{,}035 = 42{,}3\%$$
  $$[CODout] = (100\% - 42{,}3\%) \times 142{,}1\ mg/l$$
  $$= 81{,}96\ mg/l$$

5.3.3.3. Perencanaan ABR di S.I

Perencanaan IPAL di desa selain Raci Wetan menggunakan konsentrasi limbah yang berbeda, dimana diasumsikan kondisi air telah memenuhi sehingga konsentrasi lebih encer, dalam hal ini perencanaan menggunakan konsentrasi limbah domestik kategori sedang.

Berikut konsentrasi air limbah domestik yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 42. Konsentrasi Air Limbah Domestik Perencanaan

Parameter	Konsentrasi (mg/l)
BOD	350*
COD	700*
TSS	160**

Sumber: (*) Mara, 2004 dan (**) hasil laboratorium, 2017

Maka perencanakan IPAL di S.I tepatnya di RW 1 Sidorejo hanya menggunakan unit ABR karena dianggap sudah mampu memenuhi baku mutu untuk meremoval konsentrasi limbah kategori sedang. Berikut ini perencanaan IPAL di S.I dengan unit ABR

- Ruang pengendapan
  - Q ave = 0,00064 m^3/detik = 55,4 m^3/hari
  - Faktor peak = 2
  - $Q\ peak = 0{,}00064\ m^3/detik \times 2 = 0{,}00128\ m^3/detik$
  - Direncanakan HRT = 3 jam = 10800 detik
  - Menghitung beban konsentrasi masuk ke IPAL

$$CODin = 700\,\frac{mg}{l} \times 55{,}4\,\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\,\frac{kg}{mg} \times 10^3\,\frac{l}{m^3}$$
$$= 38{,}8\ kg/hari$$

$$BODin = 350\,\frac{mg}{l} \times 55{,}4\,\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\,\frac{kg}{mg} \times 10^3\,\frac{l}{m^3}$$
$$= 19{,}4\ kg/hari$$

$$TSSin = 160\,\frac{mg}{l} \times 55{,}4\,\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\,\frac{kg}{mg} \times 10^3\,\frac{l}{m^3}$$
$$= 8{,}8\ kg/hari$$

- Berdasarkan grafik *COD Removal in Settler* didapatkan efisiensi penurunan COD =40%
  $$[CODout] = (100\% - 40\%) \times 700\ mg/l$$
  $$= 420\ mg/l$$
  $$Beban\ CODout = (100\% - 40\%) \times 38{,}8\ kg/hari$$
  $$= 23{,}3\ kg/hari$$
- Berdasarkan grafik *Ratio of Efficiency of BOD Removal to COD Removal* efisiensi penurunan COD sebesar 40% didapatkan faktor rasio sebesar 1,05
  $$Removal\ BOD = 1{,}05 \times 40\% = 42\%$$
  $$[BODout] = (100\% - 42\%) \times 350\ mg/l = 203\ mg/l$$
  $$Beban\ BODout = (100\% - 42\%) \times 19{,}4\ kg/hari$$
  $$= 11{,}3\ kg/hari$$
- Berdasarkan grafik *Typical BOD and TSS Removal in Primary Sedimentation Tanks* didapatkan HRT 3 jam dan konsentrasi TSS sebesar 160 mg/l didapatkan efisiensi penurunan TSS sebesar 60%
  $$TSSout = (100\% - 60\%) \times 160\ mg/l = 63{,}8\ mg/l$$
  $$Beban\ TSSout = (100\% - 60\%) \times 8{,}8\ kg/hari$$
  $$= 3{,}5\ kg/hari$$
- $Volume = 0{,}00064\ m^3/detik \times 10800\ detik = 6{,}93\ m^3$
- Kedalaman pengendapan direncanakan 1,48 m
- $As = \frac{6{,}93\ m^3}{1{,}48\ m} = 4{,}68\ m^2$

  Dari luas direncanakan lebar 1,9 m dan panjang 2,5 m
- $Beban\ permukaan = \frac{55{,}4\ m^3/hari}{2{,}5\ m \times 1{,}9\ m} = 11{,}7\,\frac{m^3}{m^2.hari}$

  Beban permukaan pada saat debit puncak

  Q peak = 0,00128 m^3/detik = 110,9 m^3/hari

  $$Beban\ permukaan = \frac{110{,}9\ m^3/hari}{2{,}5\ m \times 1{,}9\ m} = 23{,}3\,\frac{m^3}{m^2.hari}$$

  (Ok, JWWA: 20-50 m^3/m^2.hari)
- Menghitung ruang lumpur

  Pengurasan 3 tahun sekali

  Berdasarkan grafik *Reduction of Sludge Volume During Storage* didapatkan penurunan lumpur selama 3 tahun atau 36 bulan sebesar 55%

$Beban\ TSS = 8{,}8\ kg/hari - 3{,}5\ kg/hari = 5{,}3\ kg/hari$

$Produksi\ lumpur = 5{,}3\ \frac{kg}{hari} \times 3\ tahun \times 365\ \frac{hari}{th} \times 55\%$
$= 3195{,}8\ kg\ selama\ 3\ tahun$

$Vol.lumpur = \frac{3195{,}8\ kg}{1{,}099\ kg/l} = 2907{,}9\ l = 2{,}9\ m^3$

- $h\ lumpur = \frac{2{,}9\ m^3}{2{,}5\ m \times 1{,}9\ m} = 0{,}61\ m$
- $h\ total = 1{,}48\ m + 0{,}61\ m = 2{,}09\ m$
- $h\ ABR = 2{,}09\ m + 0{,}999\ m = 3{,}09\ m$ (dipakai 3,1 m)

- Kompartemen
  - Konsentrasi masuk COD, BOD, dan TSS berturut-turut sebesar 420 mg/l, 203 mg/l, 63,8 mg/l
  - Lebar = lebar pengendapan = 1,9 m
  - Kedalaman pengolahan samadengan kedalaman pengendapan tanpa *freeboard* ditambah 0,3 m
    $h = 2{,}09\ m + 0{,}3\ m = 2{,}39\ m$ (penambahan kedalaman dilakukan untuk mendapatkan jumlah kompartemen yang optimum)
  - v *downflow* di BORDA = 4,16 m/jam = 0,001156 m/dtk
  - $A\ downflow = \frac{0{,}00064\ m^3/detik}{0{,}001156\ m/detik} = 0{,}555\ m^2$
  - $p\ downflow = \frac{0{,}555\ m^2}{1{,}9\ m} = 0{,}292\ m$ = dianggap 0,29 m
  - Dengan mencoba-coba direncanakan panjang *upflow* = 1,2 m
  - $\%\ kedalaman = \frac{1{,}2\ m}{2{,}39\ m} \times 100\% = 57{,}4\ \%$
    (panjang ≤ 60% kedalaman, sumber: Sasse, 1998)
  - $v = \frac{0{,}00064\ m^3/detik}{1{,}2\ m \times 1{,}9\ m} \times 3600\ \frac{detik}{jam} = 0{,}81\ m/detik$
  - $cek\ vpeak = \frac{0{,}00128\ m^3/detik}{1{,}2\ m \times 1{,}9\ m} \times 3600\ \frac{detik}{jam} = 2\ m/detik$
    (Ok, ≤ 2 m/jam)
  - $V.per\ kompart = (0{,}29\ m + 1{,}2\ m) \times 1{,}9\ m \times 2{,}39\ m$
    $= 6{,}77\ m^3$
  - Dari grafik *BODrem in Relation to HRT for ABR* dipilih HRT 13 jam untuk mendapatkan efisiensi penurunan BOD sebesar 86%
    $[BODout] = (100\% - 86\%) \times 203\ mg/l = 28{,}42\ mg/l$
    $Vol.total = 0{,}00064\ \frac{m^3}{dtk} \times 3600\ \frac{detik}{jam} \times 13\ jam \times 105\ \%$

$= 31{,}5\ m^3$

- $Jumlah\ kompartemen = \frac{vol.total}{vol.tiap\ kompartemen}$

  $= \frac{31{,}5\ m^3}{6{,}77\ m^3}$

  $= 4{,}7$ (digunakan 5 buah)
- Perhitungan faktor *overload*

  $OLR\ BOD = \frac{232{,}9\ \frac{m^3}{hari} \times 203\ \frac{mg}{l} \times 10^{-6}\ \frac{kg}{mg} \times 10^3 \frac{l}{m^3}}{31{,}5\ m^3}$

  $= 1{,}5\ kg/m^3.hari$

  Dari *BODrem in Relation to Organic Load for ABR* didapatkan faktor *overload* sebesar 1
- Dari grafik *BODrem in Relation to Wastewater Strength* diketahui konsentrasi BOD 203 mg/l terletak antara konsentrasi 0-2000 mg/l dengan nilai faktor terletak pada kisaran 0,925-1,1. Maka dilakukan perhitungan berikut untuk mendapatkan faktor *strength*

  $f\ stre = 1{,}1 - \frac{2000-203}{2000-0} \times (1{,}1 - 0{,}925) = 0{,}943$
- Dari grafik *CODrem Relative to Temperature for Anaerobic Reactors* pada suhu 25° C didapatkan nilai f temp sebesar 1
- $COD\ removal = f\ over \times f\ stre \times f\ temp \times f\ HRT$

  $= 1 \times 0{,}943 \times 1 \times 0{,}86 = 81{,}1\%$

  $[CODout] = (100\% - 81{,}1\%) \times 420\ mg/l = 79{,}5\ mg/l$

5.3.3.4. Perencanaan ABR di S.II

Perencanaan IPAL di S.II tepatnya di RW 2 Sidorejo menggunakan unit ABR sebagaimana perencanaan IPAL di S.I. berikut ini perencanaan IPAL di S.I dengan unit ABR

- Ruang pengendapan
  - Q ave = 0,00037 m^3/detik = 31,7 m^3/hari
  - Faktor peak = 2
  - $Q\ peak = 0{,}00037\ m^3/detik \times 2 = 0{,}00073\ m^3/detik$
  - Direncanakan HRT = 3 jam = 10800 detik
  - Menghitung beban konsentrasi masuk ke IPAL

    $CODin = 700\ \frac{mg}{l} \times 31{,}7\ \frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\ \frac{kg}{mg} \times 10^3\ \frac{l}{m^3}$

$= 22{,}2\ kg/hari$

$BODin = 350\frac{mg}{l} \times 31{,}7\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\frac{kg}{mg} \times 10^3\frac{l}{m^3}$

$= 11{,}1\ kg/hari$

$TSSin = 160\frac{mg}{l} \times 31{,}7\frac{m^3}{hari} \times 10^{-6}\frac{kg}{mg} \times 10^3\frac{l}{m^3}$

$= 5{,}1\ kg/hari$

- Berdasarkan grafik *COD Removal in Settler* didapatkan efisiensi penurunan COD =40%

  $[CODout] = (100\% - 40\%) \times 700\ mg/l$

  $= 420\ mg/l$

  $Beban\ CODout = (100\% - 40\%) \times 22{,}2\ kg/hari$

  $= 13{,}3\ kg/hari$
- Berdasarkan grafik *Ratio of Efficiency of BOD Removal to COD Removal* efisiensi penurunan COD sebesar 40% didapatkan faktor rasio sebesar 1,05

  $Removal\ BOD = 1{,}05 \times 40\% = 42\%$

  $[BODout] = (100\% - 42\%) \times 350\ mg/l = 203\ mg/l$

  $Beban\ BODout = (100\% - 42\%) \times 11{,}1\ kg/hari$

  $= 6{,}4\ kg/hari$
- Berdasarkan grafik *Typical BOD and TSS Removal in Primary Sedimentation Tanks* didapatkan HRT 3 jam dan konsentrasi TSS sebesar 160 mg/l didapatkan efisiensi penurunan TSS sebesar 60%

  $TSSout = (100\% - 60\%) \times 160\ mg/l = 63{,}8\ mg/l$

  $Beban\ TSSout = (100\% - 60\%) \times 5{,}1\ kg/hari$

  $= 2\ kg/hari$
- $Volume = 0{,}000367\ m^3/detik \times 10800\ detik = 3{,}96\ m^3$
- Kedalaman *settler* direncanakan 1 m
- $As = \frac{3{,}96\ m^3}{1\ m} = 3{,}96\ m^2$

  Dari luasan tersebut direncanakan lebar 1,6 m dan panjang 2,5 m
- $Beban\ permukaan = \frac{31{,}7\ m^3/hari}{2{,}5\ m \times 1{,}6\ m} = 7{,}92\frac{m^3}{m^2.hari}$

  Beban permukaan pada saat debit puncak

  Q peak = 0,00073 m^3/detik = 63,4 m^3/hari

  $Beban\ permukaan = \frac{63{,}4\ m^3/hari}{2{,}5\ m \times 1{,}6\ m} = 15{,}8\frac{m^3}{m^2.hari}$
- Menghitung ruang lumpur

Pengurasan 3 tahun sekali

Berdasarkan grafik *Reduction of Sludge Volume During Storage* didapatkan penurunan lumpur selama 3 tahun atau 36 bulan sebesar 55%

$$Beban\ TSS = 5{,}1\ kg/hari - 2\ kg/hari = 3\ kg/hari$$

$$Produksi\ lumpur = 3\ \frac{kg}{hari} \times 3\ tahun \times 365\frac{hari}{th} \times 55\%$$
$$= 1826{,}2\ kg\ selama\ 3\ tahun$$

$$Vol.lumpur = \frac{1826{,}2\ kg}{1{,}099\ kg/l} = 1661{,}7\ l = 1{,}66\ m^3$$

- $h\ lumpur = \frac{1{,}66\ m^3}{2{,}5\ m \times 1{,}6\ m} = 0{,}42\ m$
- $h\ total = 1\ m + 0{,}42\ m = 1{,}42\ m$
- kedalaman pipa akhir = 0,6 m (*freeboard*)
- $h\ ABR = 1{,}42\ m + 0{,}6\ m = 2{,}02\ m$ (dipakai 2,1 m)

- Kompartemen
  - Konsentrasi masuk COD, BOD, dan TSS berturut-turut sebesar 420 mg/l, 203 mg/l, 63,8 mg/l
  - Lebar = lebar pengendapan = 1,6 m
  - Kedalaman pengolahan samadengan kedalaman pengendapan tanpa *freeboard* ditambah 0,3 m
    $h = 1{,}42\ m + 0{,}2\ m = 1{,}62\ m$ (penambahan kedalaman dilakukan untuk mendapatkan jumlah kompartemen yang optimum)
  - v *downflow* di BORDA = 4,16 m/jam = 0,001156 m/dtk
  - $A\ downflow = \frac{0{,}00037\ m^3/detik}{0{,}001156\ m/detik} = 0{,}317\ m^2$
  - $p\ downflow = \frac{0{,}317\ m^2}{1{,}6\ m} = 0{,}198\ m$ = dianggap 0,2 m
  - Dengan mencoba-coba direncanakan panjang *upflow* = 0,83 m
  - $\%\ kedalaman = \frac{0{,}83\ m}{1{,}62\ m} \times 100\% = 58{,}6\ \%$
    (panjang ≤ 60% kedalaman, sumber: Sasse, 1998)
  - $v = \frac{0{,}00037\ m^3/detik}{0{,}83\ m \times 1{,}6\ m} \times 3600\frac{detik}{jam} = 0{,}99\ m/detik$
  - $cek\ vpeak = \frac{0{,}00073\ m^3/detik}{0{,}83\ m \times 1{,}6\ m} \times 3600\frac{detik}{jam} = 1{,}99\ m/detik$
    (Ok, ≤ 2 m/jam)
  - $V.per\ kompart = (0{,}2\ m + 0{,}83\ m) \times 1{,}6\ m \times 1{,}62\ m$
    $= 2{,}66\ m^3$

- Dari grafik *BODrem in Relation to HRT for ABR* dipilih HRT 13 jam untuk mendapatkan efisiensi penurunan BOD sebesar 86%

  $$[BODout] = (100\% - 86\%) \times 203\ mg/l = 28{,}42\ mg/l$$

  $$Vol.total = 0{,}00037\ \frac{m^3}{dtk} \times 3600\ \frac{detik}{jam} \times 13\ jam \times 105\ \%$$
  $$= 18\ m^3$$

- $$Jumlah\ kompartemen = \frac{vol.total}{vol.tiap\ kompartemen}$$
  $$= \frac{18\ m^3}{2{,}66\ m^3}$$
  $= 6{,}77$ (digunakan 7 buah)

- Perhitungan faktor *overload*

  $$OLR\ BOD = \frac{190{,}1\ \frac{m^3}{hari} \times 203\ \frac{mg}{l} \times 10^{-6}\ \frac{kg}{mg} \times 10^3 \frac{l}{m^3}}{18\ m^3}$$
  $$= 2{,}1\ kg/m^3.hari$$

  Dari *BODrem in Relation to Organic Load for ABR* didapatkan faktor *overload* sebesar 1

- F stre = 0,943
- f temp =1
- $$COD\ removal = f\ over \times f\ stre \times f\ temp \times f\ HRT$$
  $$= 1 \times 0{,}943 \times 1 \times 0{,}86 = 81{,}1\%$$
  $$[CODout] = (100\% - 81{,}1\%) \times 420\ mg/l = 79{,}5\ mg/l.$$

Untuk wilayah lain tepatnya di desa Melirang perhitungan IPAL tidak dijabarkan karena tidak menjadi prioritas sebagaimana pembahasan sebelumnya berdasarkan analisis sosial di sub bab 5.3.1. Berikut ini dimensi IPAL masing-masing wilayah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 43. Dimensi IPAL

Wilayah	Sumur pengumpul		Pompa		ABR					ABF	Total panjang (m)	Total lebar (m)	Total tinggi (m)	Luas (m^2)
	h (m)	Sisi (m)	D pipa (mm)	Daya (Kwh)	p bak pengendap (m)	l (m)	p zona downflow (m)	p zona upflow (m)	Jumlah kompartemen	h media (m)				
R.II	5,13	0,8	50	0,1124	1,7	1	0,1	0,7	6	0,9	8,4	1,4	2,1	11,76
R.I	6,62	0,8	100	0,4673	2,1	2,4	0,14	0,71	7	0,9	10,2	2,8	2,45	28,56
S.I					2,5	1,9	0,29	1,2	5		11,6	2,3	3,6	26,68
S.II					2,5	1,6	0,2	0,83	7		11,86	2	2,5	23,72
M.I.a					2,5	1,6	0,23	0,9	7		12,56	2	3,5	25,12
M.I.b					1,7	1,5	0,13	0,68	7		9,52	1,9	2,9	18,09
M.II					2,5	1,6	0,3	1,1	6		12,8	2	3,3	25,60
M.IV	3,12	0,8	100	0,1623	2,2	1,8	0,22	0,95	6		11,12	2,2	2,1	24,46
M.V					1,8	1,1	0,14	0,71	7		9,9	1,5	2,8	14,85
M.VI					1,5	1,7	0,14	0,6	7		8,83	2,1	1,9	18,54
M.PW					2,4	3	0,33	1	6		12,28	3,4	3,5	41,75
M.PK	2,78	0,8	100	0,279	2,4	3	0,35	1,3	5		12,3	3,4	3	41,82

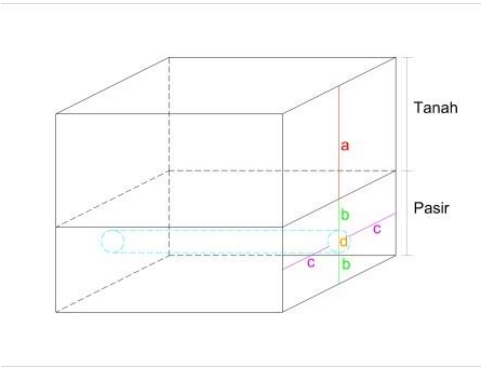
Sumber: Perhitungan

5.4 BOQ dan RAB

5.4.1 BOQ dan RAB Jaringan dan Bangunan Penyedia Air Bersih

5.4.1.1 BOQ Jaringan Air Bersih

Berikut gambar cara penanaman pipa pada jaringan air bersih.



Gambar 5. 37. Penanaman Pipa SPAM

Contoh perhitungan BOQ pipa dari *intake* menuju IPAM.

- Panjang pipa = 697 m
- Diameter pipa (d) = 100 mm = 0,1 m
- Panjang per batang = 4 m
- Kedalaman tanah urug rencana = 0,75 m
- Lebar b direncanakan = 0,1 m
- Lebar c direncanakan = 0,2 m
- $Jumlah\ pipa = \frac{697\ m}{4\ m} = 174\ batang$
- $Volume\ galian = (a + 2b + d) \times (2c + d) \times p = (0{,}75\ m + 2 \times 0{,}1\ m + 0{,}1\ m) \times (2 \times 0{,}2\ m + 0{,}1\ m) \times 697\ m = 365{,}9\ m^3$

- $Volume\ pasir = (2b + d) \times (2c + d) \times p - \frac{1}{4}\pi d^2 p = (2 \times 0{,}1\ m + 0{,}1\ m) \times (2 \times 0{,}2\ m + 0{,}1\ m) \times 697\ m - \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}1\ m)^2 \times 697\ m = 99{,}1\ m^3$
- $Volume\ tanah\ urug = Volume\ galian - Volume\ pasir = 365{,}9\ m^3 - 99{,}1\ m^3 = 266{,}8\ m^3$

Berikut ini hasil perhitungan BOQ pipa air bersih dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 44. BOQ Pipa Air Bersih

Kode	l pipa	D (mm)	l per batang (m)	n pipa	V. galian (m^3)	V. pasir (m^3)	V. tanah urug (m^3)
Intake to IPAM	697	100	4	174	365,925	99,0786	266,846
Resvr 1 to Junc 2	20	100	4	5	10,5	2,843	7,657
Junc 2 to Junc 3	465	100	4	116	244,125	66,0998	178,025
Junc 3 to Junc 4	1000	100	4	250	525	142,15	382,85
Junc 4 to Junc 5	2250	80	4	563	1112,4	291,096	821,304
Junc 5 to Junc 6	1150	50	4	288	517,5	127,118	390,382
Junc 2 to Junc 7	96	65	4	24	45,3096	11,5112	33,7984

Sumber: Perhitungan

5.4.1.2 RAB Jaringan dan Bangunan Penyedia Air Bersih

Rencana anggaran pada jariangan dan bangunan penyedia air bersih terdiri atas biaya untuk jaringan perpipaan, intake, rumah pompa, bangunan IPAM, bangunan penunjang IPAM, reservoir, dan lain-lain. Secara rinci pekerjaan pembangunan dapat dilihat di lampiran. Berikut ini rekap anggaran biaya.

Tabel 5. 45. Rekap RAB SPAM dan IPAM

Obyek	Harga
Jaringan pipa	838.164.272,49
Intake & rumah pompa	627.709.936,47
IPAM	151.946.153,45
Bangunan penunjang IPAM & reservoir	498.982.885,04
SDB	69.787.374,75
Lain-lain	1.740.979.697,98
Total	3.927.570.320,18

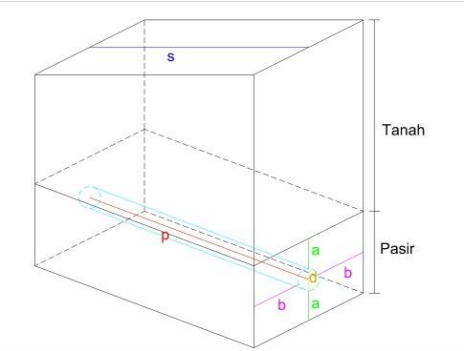
Sumber: Perhitungan

5.4.2 BOQ dan RAB Jaringan dan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik

5.4.2.1 BOQ Jaringan Pengolah Air Limbah Domestik

a. BOQ Pipa

Berikut gambar cara penanaman pipa pada jaringan pipa air buangan.



Gambar 5. 38. Penanaman Pipa SPAL

Contoh perhitungan BOQ pipa di R.II pada pipa nomor 2.

- Elevasi pipa awal (E_1) = 3,4 m
- Elevasi pipa akhir (E_2) = 2,16 m
- Jarak = 124 m
- Diameter (d) = 75 mm =0,075 m
- Kedalaman pipa awal = 1,6 m
- Kedalaman pipa akhir = 2,84 m
- Lebar b = 0,2 m
- Lebar a = 0,1 m
- $Panjang\ pipa = \sqrt{(elevasi\ pipa\ awal - elevasi\ pipa\ akhir)^2 + s^2} = \sqrt{(3{,}4\ m - 2{,}16\ m)^2 + (124\ m)^2} = 124\ m$
- Panjang per batang = 4 m
- $Jumlah\ pipa = \frac{124\ m}{4\ m} = 31\ m$
- $Volume\ galian = \frac{1}{3} \times s \times \{(d + 2b) \times (E_1 + a) + (d + 2b) \times (E_2 + a) + ((d + 2b) \times (E_1 + a) \times (d + 2b) \times (E_2 + a)^{0,5})\} = \frac{1}{3} \times 124\ m \times \{(0{,}075\ m + 2 \times 0{,}2\ m) \times (3{,}4\ m + 0{,}1\ m) + (0{,}075\ m + 2 \times 0{,}2\ m) \times (2{,}16\ m + 0{,}1\ m) + ((0{,}075\ m + 2 \times 0{,}2\ m) \times (3{,}4\ m + 0{,}1\ m) \times (0{,}075\ m + 2 \times 0{,}2\ m) \times (2{,}16\ m + 0{,}1\ m)^{0,5})\} = 134{,}99\ m^3$
- $Volume\ pasir = \big((2a + d) \times (2b + d) \times p\big) - \frac{1}{4}\pi d^2 p = \big((2 \times 0{,}1\ m + 0{,}075\ m) \times (2 \times 0{,}2\ m + 0{,}075\ m) \times 124\ m\big) - \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}075\ m)^2 \times 124\ m = 15{,}7\ m^3$
- $Volume\ tanah\ urug = Volume\ galian - Volume\ pasir = 134{,}99\ m^3 - 15{,}7\ m^3 = 119{,}3\ m^3$

Berikut hasil perhitungan BOQ pipa di masing-masing wilayah perencanaan.

Tabel 5. 46. BOQ Pipa di R.II

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
1	4,4	3,4	43	43	75	4	11	1,6	1,6	34,72	5,428	29,29
2	3,4	2,16	124	124	75	4	31	1,6	2,84	135	15,65	119,3
3	5,4	4,4	42	42	75	4	11	1,6	1,6	33,92	5,302	28,61
4	4,4	3,9	50	50	75	4	13	1,6	2,1	46,19	6,311	39,87
5	3,9	3,32	58	58	75	4	15	2,1	2,68	68,44	7,321	61,12
6	4,4	3,2	120	120	75	4	30	1,6	2,8	129,6	15,15	114,4
7	3,2	2,91	29	29	75	4	7	2,8	3,09	41,93	3,66	38,27
8	2,16	1,87	29	29	75	4	7	2,84	4,13	49,11	3,66	45,45
9	1,87	5,25	2,5	4	75	4	1	4,13	0,25	2,295	0,531	1,764

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 47. BOQ Pipa di R.I

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
1	6,2	4,7	150	150	75	6	25	0,8	1,3	81,28	18,93	62,35
2	5,2	4,22	98	98	75	6	16	0,8	1,78	63,32	12,37	50,95
3	4,22	3,6	62	62	75	6	10	1,78	3,4	77,99	7,825	70,17
4	6,2	4,7	150	150	75	6	25	0,8	2,3	113,3	18,93	94,35
5	6,2	5,36	84	84	75	6	14	0,8	1,64	51,76	10,6	41,15
6	3,6	3	60	60	75	6	10	3,4	4	108,2	7,573	100,6
7	6,2	4,7	150	150	75	6	25	0,8	2,3	113,3	18,93	94,35
8	6,2	5,46	74	74	75	6	12	0,8	1,54	43,99	9,34	34,66
9	3	2,4	60	60	75	6	10	4	4,6	125,3	7,573	117,7
10	6,2	4,6	160	160	75	6	27	0,8	2,4	124,1	20,19	103,9
11	6,2	5,48	72	72	75	6	12	0,8	1,52	42,49	9,088	33,41
12	2,4	1,78	62	62	100	6	10	4,6	5,22	155,2	8,814	146,4
13	5,2	4,5	70	70	75	6	12	0,8	2,5	55,75	8,835	46,91
14	1,78	0,38	140	140	100	6	23	5,22	5,62	386,3	19,9	366,4
15	0,38	5,75	0,5	5	100	6	1	5,62	0,25	0,624	0,767	-0,14

Tabel 5. 48. BOQ di SI

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
a	16,4	15,4	39	39	100	6	7	0,6	0,6	13,65	5,546	8,104
1	15,4	14,4	39	39	100	6	7	0,6	0,6	13,65	5,546	8,104
b	15,4	14,4	82	82	100	6	14	0,6	0,6	28,7	11,66	17,04
c	13,4	12,72	99	99	100	6	17	0,6	2,283	72,18	14,07	58,1
2	12,72	12,35	53	53	100	6	9	2,283	0,648	39,45	7,534	31,92
d	13,4	12,4	97	97	100	6	16	0,6	0,6	33,95	13,79	20,16
e	13,4	12,4	94	94	100	6	16	0,6	0,6	32,9	13,36	19,54
3	12,35	10,39	53	53	100	6	9	0,648	0,614	19,37	7,539	11,83
f	11,4	10,39	147	147	100	6	25	0,6	0,614	51,96	20,9	31,06
4	10,39	9,628	110	110	100	6	18	0,614	1,372	58,88	15,64	43,24
g	11,4	10,4	110	110	100	6	18	0,6	0,6	38,5	15,64	22,86
h	11,4	10,4	97	97	100	6	16	0,6	0,6	33,95	13,79	20,16
5	9,628	9,4	30	30	100	6	5	1,372	1,6	23,77	4,265	19,51
i	10,4	9,4	140	140	100	6	23	0,6	0,6	49	19,9	29,1
6	9,4	7,562	30	30	100	6	5	0,6	1,438	16,38	4,272	12,11

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
j	11,4	8,4	180	180	100	6	30	0,6	0,6	63	25,59	37,41
k	7,7	7,562	20	20	100	6	3	0,3	1,438	9,074	2,843	6,231
7	7,562	7,001	102	102	100	6	17	1,438	0,999	66,93	14,5	52,43

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 49. BOQ Pipa S.II

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
a	14,4	13,95	65	65	100	6	11	0,6	3,048	57,77	9,24	48,53
1	13,95	11,19	38	38	100	6	6	3,048	1,807	47,53	5,416	42,12
b	11,4	11,19	30	30	100	6	5	0,6	1,807	18,81	4,265	14,55
c	14,4	13,52	128	128	100	6	21	0,6	1,483	71,15	18,2	52,96
2	14,4	12,4	76	76	100	6	13	0,6	0,6	26,6	10,81	15,79
3	11,19	10,24	138	138	100	6	23	1,807	2,759	163,3	19,62	143,7
d	11,4	10,79	88	88	100	6	15	0,6	2,207	62,74	12,51	50,23
4	10,24	9,4	46	46	100	6	8	2,759	1,6	51,85	6,54	45,31
e	10,4	9,4	52	52	100	6	9	1,6	1,6	44,2	7,393	36,81
f	11,4	10,4	88	88	100	6	15	0,6	0,6	30,8	12,51	18,29
5	9,4	6,4	98	98	100	6	16	1,6	0,6	57,02	13,94	43,08

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 50. BOQ Pipa M.I.a

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
A	14,4	13,4	23	23	100	6	4	0,6	0,6	8,05	3,273	4,777
1	12,4	11,4	90	90	100	6	15	0,6	0,6	31,5	12,79	18,71
B	10,9	10,5	58	58	100	6	10	0,6	1,5	32,46	8,245	24,22
2	10,5	9,4	60	60	100	6	10	1,5	0,6	33,58	8,53	25,05
C	10,4	9,372	149	149	100	6	25	0,6	0,628	53,17	21,18	31,99
3	9,372	8,21	65	65	100	6	11	0,628	0,79	26,24	9,241	16,99
D	8,9	8,21	100	100	100	6	17	0,6	0,79	39,65	14,22	25,43
4	8,21	7,055	36	36	100	6	6	0,79	0,945	17,39	5,12	12,27
E	7,7	7,052	94	94	100	6	16	0,3	0,948	32,83	13,36	19,47
F	7,4	7,055	50	50	100	6	8	0,6	0,945	21,67	7,108	14,56
5	7,052	6,466	85	85	100	6	14	0,948	1,534	56,55	12,08	44,47

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 51. BOQ Pipa M.I.b

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
g	10,9	10,21	100	100	100	6	17	0,6	0,79	39,65	14,22	25,43
6	10,21	8,4	56	56	100	6	9	0,79	0,6	22,2	7,965	14,24
h	10,4	8,4	130	130	100	6	22	0,6	0,6	45,5	18,48	27,02
7	8,4	7,4	67	67	100	6	11	0,6	0,6	23,45	9,525	13,92
i	8,9	7,4	135	135	100	6	23	0,6	0,6	47,25	19,19	28,06
8	7,4	6,71	20	20	100	6	3	0,6	1,29	10,25	2,845	7,408
j	7,4	6,71	100	100	100	6	17	0,6	1,29	51,27	14,22	37,05
9	6,71	6,707	0,5	1	100	6	0	1,29	1,293	0,348	0,071	0,277

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 52. BOQ Pipa M.II

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
a	13,4	12,4	50	50	100	6	8	0,6	0,6	17,5	7,109	10,39
1	11,4	10,01	85	85	100	6	14	0,6	0,993	37,79	12,08	25,71
b	10,4	10,03	54	54	100	6	9	0,6	0,972	23,75	7,676	16,07
c	10,4	10,01	57	57	100	6	10	0,6	0,993	25,34	8,103	17,24
d	9,4	9,034	53	53	100	6	9	0,6	0,966	23,22	7,534	15,69
2	9,034	8,814	32	32	100	6	5	0,966	1,186	18,79	4,549	14,24
e	9,4	8,931	68	68	100	6	11	0,6	1,069	31,43	9,666	21,77
3	8,814	7,4	55	55	100	6	9	1,186	0,6	26,9	7,821	19,08
4	7,4	6,297	160	160	100	6	27	0,6	1,703	96,72	22,74	73,98
f	8,4	7,331	155	155	100	6	26	0,6	0,669	56,9	22,03	34,87
g	8,4	7,4	87	87	100	6	15	0,6	0,6	30,45	12,37	18,08
5	10,01	6,297	83	83	100	6	14	0,993	1,703	59,49	11,81	47,68
6	6,297	5,8	30	30	100	6	5	1,703	1,2	23,17	4,265	18,91
h	6,4	5,8	87	87	100	6	15	0,6	1,2	42,83	12,37	30,46
7	5,8	5,797	0,5	1	100	6	0	1,2	1,203	0,325	0,071	0,254

Tabel 5. 53. BOQ Pipa M.IV

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
a	15,4	14,43	140	140	100	6	23	0,6	1,566	80,39	19,9	60,49
1	14,43	13,97	68	68	100	6	11	1,566	1,034	47,31	9,666	37,65
b	15,4	14,19	176	176	100	6	29	0,6	0,814	70,8	25,02	45,78
c	14,4	13,29	161	161	100	6	27	0,6	1,71	97,57	22,89	74,68
d	15,4	14,4	136	136	100	6	23	0,6	0,6	47,6	19,33	28,27
2	13,29	12,88	59	59	100	6	10	1,71	2,117	59,31	8,387	50,92

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 54. BOQ Pipa M.V

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
a	14,4	13,4	50	50	100	6	8	0,6	0,6	17,5	7,109	10,39
b	14,4	13,4	50	50	100	6	8	0,6	0,6	17,5	7,109	10,39
1	13,4	12,4	30	30	100	6	5	0,6	0,6	10,5	4,267	6,233
c	13,4	12,4	50	50	100	6	8	0,6	0,6	17,5	7,109	10,39
d	12,9	12,4	50	50	100	6	8	0,6	0,6	17,5	7,108	10,39
2	12,4	10,99	40	40	100	6	7	0,6	1,014	17,98	5,69	12,29
e	11,4	10,99	60	60	100	6	10	0,6	1,014	26,97	8,529	18,44
3	10,99	10,68	45	45	100	6	8	1,014	2,324	38,86	6,397	32,46
f	13,4	12,4	35	35	100	6	6	0,6	0,6	12,25	4,977	7,273
4	10,68	10,64	6	6	100	6	1	2,324	1,363	5,77	0,853	4,917

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 55. BOQ Pipa M.VI

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
a	13,4	11,4	106	106	100	6	18	0,6	0,6	37,1	15,07	22,03
b	13,4	11,4	100	100	100	6	17	0,6	0,6	35	14,22	20,78
c	11,7	11,49	30	30	100	6	5	0,3	0,507	7,498	4,265	3,233
1	11,4	10,92	74	74	100	6	12	0,6	2,083	50,8	10,52	40,28
d	11,4	10,92	70	70	100	6	12	0,6	2,083	48,05	9,951	38,1
2	10,92	10,61	45	45	100	6	8	2,083	2,393	52,56	6,397	46,17
3	10,61	10,4	30	30	100	6	5	2,393	1,6	31,26	4,265	26,99
4	10,4	10,33	10	10	100	6	2	1,6	0,669	6,021	1,422	4,599

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 56. BOQ Pipa M.PW

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
A	20,4	18,4	49	49	100	6	8	0,6	0,6	17,15	6,971	10,18
B	14,4	14,19	30	30	100	6	5	0,6	0,807	12,02	4,265	7,754
1	14,19	13,59	88	88	100	6	15	0,807	0,414	30,85	12,51	18,34
2	18,4	13,4	205	205	100	6	34	0,6	0,6	71,75	29,15	42,6
3	13,4	12,4	51	51	100	6	9	0,6	0,6	17,85	7,251	10,6
C	13,9	12,4	107	107	100	6	18	0,6	0,6	37,45	15,21	22,24
D	12,4	11,57	120	120	100	6	20	0,6	1,428	65,23	17,06	48,17
4	11,57	11,21	53	53	100	6	9	1,428	1,793	45,24	7,534	37,7
E	12,4	11,66	107	107	100	6	18	0,6	1,338	56,02	15,21	40,81
F	12,4	11,5	130	130	100	6	22	0,6	1,497	72,66	18,48	54,18
I	12,4	9,4	130	130	100	6	22	0,6	0,6	45,5	18,48	27,02
5	9,4	8,572	120	120	100	6	20	0,6	2,428	91,15	17,06	74,1
6	10,4	9,572	120	120	100	6	20	0,6	1,428	65,23	17,06	48,17
7	11,21	10,4	53	53	100	6	9	1,793	0,6	33,07	7,535	25,54
G	10,9	10	130	130	100	6	22	0,6	0,997	57,91	18,48	39,43

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
h	10,4	9,503	130	130	100	6	22	0,6	1,497	72,66	18,48	54,18
8	8,572	8,49	15	15	125	6	3	2,428	1,51	16,16	2,375	13,78

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 57. BOQ Pipa M.PK

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
A	13,4	13,12	40	40	100	6	7	0,6	0,876	16,68	5,686	11
1	13,12	10,4	68	68	100	6	11	0,876	0,6	28,36	9,674	18,69
B	11,9	10,4	94	94	100	6	16	0,6	0,6	32,9	13,36	19,54
C	11,4	10,4	94	94	100	6	16	0,6	0,6	32,9	13,36	19,54
2	10,4	8,4	53	53	100	6	9	0,6	0,6	18,55	7,539	11,01
D	9,4	8,4	90	90	100	6	15	0,6	0,6	31,5	12,79	18,71
E	13,4	12,04	197	197	100	6	33	0,6	0,959	86,01	28	58
F	13,4	12,4	70	70	100	6	12	0,6	0,6	24,5	9,952	14,55
3	12,04	11,4	68	68	100	6	11	0,959	0,6	29,69	9,667	20,02
4	11,4	10,57	120	120	100	6	20	0,6	1,428	65,23	17,06	48,17
G	11,9	10,87	150	150	100	6	25	0,6	1,134	71,6	21,32	50,28
5	10,57	8,4	60	60	100	6	10	1,428	0,6	32,62	8,535	24,08
H	9,9	8,4	86	86	100	6	14	0,6	0,6	30,1	12,23	17,87
I	9,9	8,4	130	130	100	6	22	0,6	0,6	45,5	18,48	27,02
6	8,4	7,876	76	76	100	6	13	0,6	1,124	36,1	10,8	25,29

Nomor pipa	Elevasi Pipa		Jarak (m)	Panjang pipa	Diameter (mm)	Panjang per batang (m)	Jumlah pipa	Kedalaman pipa (m)		Volume galian (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume tanah urug (m^3)
	Awal	Akhir						Awal	Akhir			
7	7,876	6,434	31	31	100	6	5	1,124	1,566	22,31	4,411	17,9
j	7,4	6,434	140	140	100	6	23	0,6	1,566	80,39	19,9	60,49
k	7,4	6,876	76	76	100	6	13	0,6	1,124	36,1	10,8	25,29
8	6,434	6,221	31	31	100	6	5	1,566	1,779	27,46	4,407	23,05

Sumber: Perhitungan

b. BOQ Manhole

Selain BOQ pipa juga dihitung BOQ manhole pada jaringan.

Tabel 5. 58. BOQ Manhole R.II

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	2	2
2	1,7	7,28	3,18	0,256	2,244	2	2
3	2,3	9,464	4,188	0,256	2,82	2	3
4	3	12,012	5,364	0,256	3,492	2	5
5	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	2	2
6	2,2	9,1	4,02	0,256	2,724	2	3
7	2,9	11,648	5,196	0,256	3,396	2	5
8	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	2	2
9	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	2	2
10	2,3	9,464	4,188	0,256	2,82	2	3

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 59. BOQ Manhole R.I

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
2	1,4	6,188	2,676	0,256	1,956	2	1
3	1,9	8,008	3,516	0,256	2,436	2	2
4	1,2	5,46	2,34	0,256	1,764	2	1
5	1,1	5,096	2,172	0,256	1,668	2	0
6	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
7	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
8	1,2	5,46	2,34	0,256	1,764	2	1
9	3,5	13,832	6,204	0,256	3,972	2	6
10	1,9	8,008	3,516	0,256	2,436	2	2
11	1,4	6,188	2,676	0,256	1,956	2	1
12	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
13	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
14	1,3	5,824	2,508	0,256	1,86	2	1
15	4,1	16,016	7,212	0,256	4,548	2	8
16	1,8	7,644	3,348	0,256	2,34	2	2
17	1,4	6,188	2,676	0,256	1,956	2	1
18	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
19	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
20	1,2	5,46	2,34	0,256	1,764	2	1
21	4,7	18,2	8,22	0,256	5,124	2	9
22	1,9	8,008	3,516	0,256	2,436	2	2
23	1,4	6,188	2,676	0,256	1,956	2	1
24	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
25	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
26	1,7	7,28	3,18	0,256	2,244	2	2
27	5,2	20,02	9,06	0,256	5,604	2	11
28	5,4	20,748	9,396	0,256	5,796	2	11

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 60. BOQ Manhole S.I

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,6	3,276	1,332	0,256	1,188	2	0
2	2,4	9,828	4,356	0,256	2,916	3	4
3	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	4	0
4	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	5	0
5	1,1	5,096	2,172	0,256	1,668	6	0
6	1,5	6,552	2,844	0,256	2,052	7	1
7	1,7	7,28	3,18	0,256	2,244	8	2
8	1,5	6,552	2,844	0,256	2,052	9	1
9	1,8	7,644	3,348	0,256	2,34	10	2

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 61. BOQ Manhole S.II

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	3	12,012	5,364	0,256	3,492	2	5
2	1,9	8,008	3,516	0,256	2,436	3	2
3	2,2	9,1	4,02	0,256	2,724	4	3
4	2,5	10,192	4,524	0,256	3,012	5	4
5	2,9	11,648	5,196	0,256	3,396	6	5
6	1,7	7,28	3,18	0,256	2,244	7	2
7	1,4	6,188	2,676	0,256	1,956	8	1
8	1,1	5,096	2,172	0,256	1,668	9	0
9	0,6	3,276	1,332	0,256	1,188	10	0
10	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	11	0

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 62. BOQ Manhole M.I.a

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,6	3,276	1,332	0,256	1,188	2	0
2	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	3	2
3	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	4	0
4	0,9	4,368	1,836	0,256	1,476	5	0
5	1,1	5,096	2,172	0,256	1,668	6	0

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 63. BOQ Manhole M.I.b

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	2	0
2	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	3	0
3	1,2	5,46	2,34	0,256	1,764	4	1
4	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	5	2

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 64. BOQ Manhole M.II

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,6	3,276	1,332	0,256	1,188	2	0
2	1,1	5,096	2,172	0,256	1,668	3	0
3	1,8	7,644	3,348	0,256	2,34	4	2
4	1,3	5,824	2,508	0,256	1,86	5	1
5	1	4,732	2,004	0,256	1,572	6	0
6	1,3	5,824	2,508	0,256	1,86	7	1
7	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	8	0
8	1,1	5,096	2,172	0,256	1,668	9	0
9	1,4	6,188	2,676	0,256	1,956	10	1

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 65. BOQ Manhole M.IV

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	2	2
2	1,8	7,644	3,348	0,256	2,34	3	2

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 66. BOQ Manhole M.V

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,6	3,276	1,332	0,256	1,188	2	0
2	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	3	0
3	1,1	5,096	2,172	0,256	1,668	4	0
4	2,4	9,828	4,356	0,256	2,916	5	4

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 67. BOQ Manhole M.VI

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,6	3,276	1,332	0,256	1,188	2	0
2	1,4	6,188	2,676	0,256	1,956	3	1
3	2,2	9,1	4,02	0,256	2,724	4	3
4	2,5	10,192	4,524	0,256	3,012	5	4
5	1,7	7,28	3,18	0,256	2,244	6	2

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 68. BOQ Manhole M.PW

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	2	0
2	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	3	0
3	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	4	0
4	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	5	0
5	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	6	0
6	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	7	0
7	1,5	6,552	2,844	0,256	2,052	8	1
8	1,8	7,644	3,348	0,256	2,34	9	2
9	2,7	10,92	4,86	0,256	3,204	10	4
10	0,8	4,004	1,668	0,256	1,38	11	0
11	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	12	0
12	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	13	0
13	1,3	5,824	2,508	0,256	1,86	14	1
14	1,9	8,008	3,516	0,256	2,436	15	2
15	1,3	5,824	2,508	0,256	1,86	16	1
16	1	4,732	2,004	0,256	1,572	17	0

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
17	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	18	0

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 69. BOQ Manhole M.PK

No	Tinggi (m)	Volume galian (m^3)	Volume tanah urug (m^3)	Volume pasir (m^3)	Volume beton (m^3)	Jumlah besi pegangan Ø 12 mm	Jumlah besi untuk tangga inspeksi Ø 20 mm
1	0,9	4,368	1,836	0,256	1,476	2	0
2	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	3	0
3	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	4	0
4	1	4,732	2,004	0,256	1,572	5	0
5	1,3	5,824	2,508	0,256	1,86	6	1
6	1,7	7,28	3,18	0,256	2,244	7	2
7	1	4,732	2,004	0,256	1,572	8	0
8	0,7	3,64	1,5	0,256	1,284	9	0
9	1	4,732	2,004	0,256	1,572	10	0
10	1,3	5,824	2,508	0,256	1,86	11	1
11	1,6	6,916	3,012	0,256	2,148	12	2

Sumber: Perhitungan

5.4.2.2 RAB Jaringan Pengolah Air Limbah Domestik

Rencana anggaran biaya pengolah air limbah domestik terdiri atas jaringan perpipaan, *manhole*, dan unit IPAL. Secara rinci pekerjaan pembangunan dapat dilihat di lampiran. Berikut ini rekap anggaran biaya tiap wilayah perencanaan.

Tabel 5. 70. Rekap RAB Jaringan dan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik R.II, R.I, S.I, S.II, M.I.a, M.I.b

Obyek	Harga					
	R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b
Interseptor	1.097.762.704,77	3.156.067.776,22				
Pipa SPAL	185.632.808,92	530.502.225,47	253.814.149,89	227.614.363,12	134.761.121,63	92.868.263,21
Manhole	231.624.759,09	368.569.029,39	176.771.465,07	202.797.131,23	85.699.144,70	71.167.529,71
Sumur pengumpul	43.590.836,37	52.243.908,72				
IPAL	95.070.149,50	197.217.438,97	229.011.375,97	174.413.351,36	224.659.351,15	151.695.772,74
Total	1.653.681.258,65	4.304.600.378,77	659.596.990,94	604.824.845,71	445.119.617,48	315.731.565,67

Sumber: Perhitungan

Tabel 5. 71. Rekap RAB Jaringan dan Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik M.II, M.IV, M.V, M.VI, M.PW, M.PK

Obyek	Harga					
	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
Interseptor						
Pipa SPAL	193.628.795,13	149.663.069,64	69.533.301,07	99.022.175,72	305.386.687,66	284.506.745,49
Manhole	164.416.767,42	44.163.416,00	74.599.390,17	109.722.167,92	218.874.748,03	176.658.518,39
Sumur pengumpul		14.278.425,73				14.067.979,82
IPAL	215.749.503,81	172.444.264,72	135.545.669,11	120.075.049,81	300.023.349,19	275.730.997,57
Total	573.795.066,36	380.549.176,09	279.678.360,35	328.819.393,45	824.284.784,88	750.964.241,27

Sumber: Perhitungan

5.5 Hasil Perencanaan

Dari perencanaan yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut,

1. Kebutuhan lahan IPAM dibutuhkan seluas 0,0414 Ha dengan unit pengolahan terdiri atas *river bank intake*, koagulasi secara hidrolika di dalam pipa, flokulasi dengan sekat berlubang, sedimentasi dengan *plate settler*, filtrasi, dan desinfeksi dengan gas klor. Untuk wilayah yang terlayani penyaluran air bersih terdiri atas RW 1 dan 2 Sidorejo dengan kran umum, RW 7 dan 8 Melirang dengan kran umum, dan RW 1 dan 2 Raci Wetan dengan sambungan rumah. Sedangkan Wilayah yang dilayani jaringan SPAL dan IPAL dibagi menjadi dua sistem, yaitu: 1) Sistem pertama terletak di RW 1 dan 2 Raci Wetan dengan jaringan SPAL berupa *smallbore sewer* dan IPAL terdiri atas ABR dan ABF dengan luas IPAL di RW 1 seluas 11,76 m^2 dan RW 2 seluas 28,56 m^2, 2) Sistem kedua terletak di RW 1 dan 2 Sidorejo, sebagian RW 1, 2, 4, 5, 6, dan 10 Melirang, RW 7, 8, dan 9 Melirang dengan jaringan SPAL berupa *shallow sewer* dan IPAL berupa ABR dengan luas masing-masing IPAL di Sidorejo di RW 1 seluas 26,68 m^2 dan RW 2 seluas 23,72 m^2, di Melirang di RW 1 terdiri atas 2 IPAL seluas 25,12 m^2 dan 18,09 m^2, di RW 2 seluas 25,6 m^2, di RW 4 seluas 24,26 m^2, di RW 5 seluas 14,85 m^2, di RW 6 seluas 18,54 m^2, di RW 7 dan 8 IPAL dijadikan satu dengan luas 41,75 m^2, dan di RW 9 dan 10 IPAL dijadikan satu dengan luas 41,82 m^2.
2. Total biaya perencanaan air bersih ditaksir sekitar Rp 3.927.570.320,18. Sedangkan total biaya perencanaan air limbah domestik masing-masing wilayah ditaksir RW 1 Raci Wetan sekitar Rp 1.653.681.258,65, RW 2 Raci

Wetan sekitar Rp 4.304.600.378,77, RW 1 Sidorejo sekitar Rp 659.596.990,94, RW 2 Sidorejo sekitar Rp 604.824.845,71, RW 1 Melirang dengan 2 IPAL dan SPAL sekitar Rp 445.119.617,48 dan Rp 315.731.565,67, RW 2 Melirang senilai Rp 573,795.066,36, RW 4 Melirang sekitar Rp 380.549.176,09, RW 5 Melirang sekitar Rp 279.678.360,35, RW 6 Melirang sekitar Rp 328.819.393,45, RW 7 dan 8 Melirang IPAL dan SPAL dijadikan satu sekitar Rp 824.284.784,88, dan RW 9 dan 10 Melirang IPAL dan SPAL dijadikan satu sekitar Rp 750.964,241,27

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. IPAM memiliki kapasitas pengolahan sebesar 4,83 l/detik dengan unit pengolahan terdiri atas *river bank intake*, koagulasi secara hidrolika di dalam pipa, flokulasi dengan sekat berlubang, sedimentasi dengan *plate settler*, filtrasi, dan desinfeksi dengan gas klor dengan pipa penyaluran air bersih melayani 6 RW. Sedangkan perencanaan air limbah domestik terdiri atas 12 SPAL lengkap dengan unit IPAL-nya yang melayani 13 RW, terdiri atas 2 SPAL menggunakan sistem *smallbore sewer* dengan IPAL berupa unit ABR-ABF dan 10 SPAL menggunakan sistem *shallow sewer* dengan IPAL berupa unit ABR
2. Total biaya perencanaan air bersih ditaksir sekitar Rp 3.927.570.320,18 dan perencanaan air limbah domestik keseluruhan ditaksir sekitar Rp 11.121.645.679,60

6.2 Saran

1. Perlu ada survei kuisoner terkait pemahaman warga tentang penggunaan air tanah untuk mengetahui pengetahuan warga tentang pentingnya menjaga air tanah
2. Perlu ada survei kuantitas dan kontinuitas air di lokasi pengambilan air baku untuk IPAM karena saat kemarau air dari hulu sebagian terbendung Bendung Gerak Sembayat yang dipergunakan Pabrik Petrokimia
3. Perlu ada survei debit puncak pada wilayah dilayani *shallow sewer* pada pelayanan SPAL
4. Karena dimungkinkan nutrien dan total koliform masih tinggi maka disarankan ditambahkan unit pengolahan *constructed wetland* yang memiliki efisiensi pengolahan

NH_4-N sebesar 90,54% (Kurniade, Kurniade, 2001) dan total koliform sebesar 69,27% (Reinoso dkk, 2008) untuk wilayah yang memiliki cukup lahan

5. Untuk wilayah Raci Wetan yang kekurangan air, apabila dibutuhkan penggelontoran disarankan dilakukan penelitian terhadap air payau dari waduk yang terletak berdekatan dengan lokasi desa untuk dapat dimanfaatkan sebagai air penggelontor dengan memperhatikan pengaruh salinitas terhadap efisiensi pengolahan dan kandungan organik dari waduk yang ditambahkan ke air limbah domestik

DAFTAR PUSTAKA

Bell, J. 2002. *Thesis: Treatment of Dye Wastewaters in the Anaerobic Baffled Reactor and Characterisation of the Associated Microbial Populations*. Durban: University of Natal

Conradin, K., Kropac, M., Spuhler, D. 2010. *The Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Basel: seecon international gmbh

CPCB. 2008. *Performance of Sewage treatment Plant – Coliform reduction*. India

Doyle, M.P. & Erickson, M.C. 2006. *Closing the door on the fecal coliform assay*. *Microbe* 1:162-163

Droste, R.L. 1997. *Theory and Practise of Water and Wastewater Treatment*. New York: John Wiley & Sons, Inc

Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan Perairan. Bogor: IPB

Hadi, W. 2012. Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum. Surabaya: itspress

Hajna, A.A. & Perry, C.A. 1943. *Comparative Study of Presumptive and Confirmative Media for Bacteria of the Coliform Group and for Fecal Streptococci*. *Am J Publ Hlth* 33:550-556

Hidayah, T. 2014. Tugas Akhir: Efektivitas Penggunaan Tabung Biofilter untuk Sistem IPAL Komunal. Makassar: Universitas Hasanuddin

Khairina, N. 2015. Tugas Akhir: Perencanaan Teknologi Sanitasi sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan di Kecamatan Genteng. Surabaya: ITS

Kurniade, D. *Constructed Wetlands to Treat House Wastewater. A Solution for Indonesia?.* Jurnal Bionatura. Vol. 3 No. 1 Maret 2001: 10-17. Bandung: Universitas Padjajaran

Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: EARTHSCAN

Masduqi, A. & Assomadi, A.F. 2016. Operasi & Proses Pengolahan Air Edisi Kedua. Surabaya: itspress

Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater* Engineering: Treatment and Reuse (Fourth Edition). New York: McGraw-Hill

Otis, J.R. & Mara, D. 1985. *The Design of Small Bore Sewer System*. Washington: THE WORLD BANK

Peavy, H. 1985. *Environmental Engineering* (*International Edition*). Singapore: McGraw-Hill

Priambodo, E.A. 2016. Tugas Akhir: Perancangan Unit Bangunan Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya: ITS

Reinoso, R., Torres, L.A., Becares, E. *Efficiency of Natural System for Removal of Bacteria and Pathogenic Parasites from Wastewater*. *Science of Total Environment* (2008) 395: 50-86

Said, N.I. 2008. Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta, “Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan”. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam

Sasse, L. 1998. DEWATS. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Delhi: BORDA

Setiawati, R.T. 2016. Tugas Akhir: Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya. Surabaya: ITS

Sidharta. 1997. Rekayasa Lingkungan. Jakarta: Universitas Gunadarma

Sumampouw, O.J., Soemarno, Andarini, S., Sriwahyuni, E. 2015. *Environment Risk Factors of Diarrhea Incidence in the Manado City. Public Health ResearchI*, 5 (5). 139-143

Sundari, D., Alimuddin, Gunawan, R. 2015. Analisis Amoniak Terlarut pada Tanaman Lamun (*Thalassia testudinum*) dalam media air. Jurnal Kimia Mulawarman. 12 (2)

Suoth, A. E. & Nazir, E. Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (*Grey Water*) pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas yang Berada di Tangerang Selatan. Ecolab Vol. 10 No. 2 Juli 2016: 47-102

Supradata. 2005. Tesis: Pengolahan Limbah domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius.* L. dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*). Semarang: UNDIP

Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., Zurbrugg, C. 2014. *Compendium of Sanitation System and Technologies 2nd Revised Edition*. Switzerland: EAWAG & WSSCC

TTPS. 2010. Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi. Jakarta

United Nations Centre for Human Settlement (Habitat). 1986. The Design of Shallow Sewer System

Zevri, A. 2010. Tugas Akhir: Studi Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah di Kompleks Pemukiman (Studi Kasus: Kompleks Pesantren). Sumatera Utara: USU

LAMPIRAN A

RAB PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR BERSIH

Tabel A. RAB Jaringan Perpipaan

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A.	Pembokaran paving dipakai kembali					
	Mandor	0,02	54,6628	OH	163.000,00	8.910.036,40
	Tenaga kasar	0,04	109,3256	OH	116.000,00	12.681.769,60
B.	Penggalian tanah biasa					
	Mandor	0,025	70,51899	OH	163.000,00	11.494.595,37
	Tenaga kasar	0,75	2115,5697	OH	115.000,00	243.290.515,50
C.	Pengurugan pasir					
	Mandor	0,01	7,3989663	OH	163.000,00	1.206.031,51
	Pembantu tukang	0,3	221,96899	OH	115.000,00	25.526.433,70
	Pasir urug	1,2	887,87595	m3	169.800,00	150.761.337,13
D.	Pengurugan tanah dengan pemadatan					
	Mandor	0,01	20,80863	OH	163.000,00	3.391.806,64
	Pembantu tukang	0,3	624,25889	OH	115.000,00	71.789.772,50
	Sewa peralatan	8	16646,904		1.100,00	18.311.594,14
E.	Pipa					
	PVC 100 mm		545,5	Batang	294.600,00	160.704.300,00
	PVC 80 mm		562,5	Batang	177.800,00	100.012.500,00
	PVC 65 mm		24	Batang	126.200,00	3.028.800,00
	PVC 50 mm		287,5	Batang	86.500,00	24.868.750,00
	Lem PVC	0,1	141,95	Tube	15.400,00	2.186.030,00
Total						838.164.272,49

Sumber: Perhitungan

Tabel B. RAB Rumah Pompa dan *Intake*

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A.	Pembuatan bouwplank/titik					
	Mandor	0,0045	0,07	OH	163.000,00	11.736,00
	Kepala tukang	0,01	0,16	OH	153.000,00	24.480,00
	Tukang	0,1	1,60	OH	126.000,00	201.600,00
	Pembantu tukang	0,1	1,60	OH	115.000,00	184.000,00
	Paku biasa 2-5 inchi	0,05	0,80	Doz	31.200,00	24.960,00
	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	0,012	0,19	m3	4.355.500,00	836.256,00
	Kayu meranti bekisting	0,008	0,13	m3	3.484.400,00	446.003,20
B.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan					
	Mandor	0,025	0,40	OH	163.000,00	65.200,00
	Pembantu tukang	0,05	0,80	OH	115.000,00	92.000,00
C.	Penggalian tanah biasa					
	Mandor	0,025	0,08	OH	163.000,00	12.713,51
	Tenaga kasar	0,75	2,34	OH	115.000,00	269.089,65
D.	Pengurugan pasir					
	Mandor	0,01	0,00	OH	163.000,00	810,11
	Pembantu tukang	0,3	0,15	OH	115.000,00	17.146,50
	Pasir urug	1,2	0,60	m3	187.200,00	111.646,08
E.	Pemasangan batu kali belah (aanstamping)					
	Mandor	0,039	0,02	OH	163.000,00	2.491,94
	Kepala tukang	0,039	0,02	OH	153.000,00	2.339,06
	Tukang	0,39	0,15	OH	126.000,00	19.262,88
	Pembantu tukang	0,78	0,31	OH	115.000,00	35.162,40
	Pasir urug	0,432	0,17	m3	187.200,00	31.701,20
	Batu kali belah 15/20 cm	1,2	0,47	m3	466.000,00	219.206,40

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
F.	Pekerjaan pemasangan batu kali belah 15/20 cm (1 Pc : 3 Ps)					
	Mandor	0,075	0,05	OH	163.000,00	7.726,20
	Kepala tukang	0,075	0,05	OH	153.000,00	7.252,20
	Tukang	0,75	0,47	OH	126.000,00	59.724,00
	Pembantu tukang	1,5	0,95	OH	115.000,00	109.020,00
	Semen PC 50 kg	4,04	2,55	Zak	73.800,00	188.432,06
	Pasir pasang	0,485	0,31	m3	260.000,00	79.695,20
	Batu kali belah 15/20 cm	1,2	0,76	m3	466.000,00	353.414,40
G.	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,283	0,08	OH	163.000,00	13.008,38
	Kepala tukang	0,323	0,09	OH	153.000,00	13.936,16
	Tukang	1,56	0,44	OH	126.000,00	55.429,92
	Tukang	0,275	0,08	OH	126.000,00	9.771,30
	Tukang	1,4	0,39	OH	126.000,00	49.744,80
	Pembantu tukang	5,65	1,59	OH	115.000,00	183.229,50
	Semen PC 40 Kg	8,4	2,37	zak	61.300,00	145.207,44
	Pasir Cor	0,54	0,15	m3	260.000,00	39.592,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,23	m3	395.200,00	90.271,58
	Besi beton polos	210	59,22	Kg	13.000,00	769.860,00
	Paku usuk	3,2	0,90	Kg	15.600,00	14.077,44
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	0,79	lembar	128.900,00	101.779,44
	Kawat polos	3	0,85	Kg	26.500,00	22.419,00
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,09	m3	3.484.400,00	314.432,26
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	0,04	m3	4.899.900,00	193.448,05
	Minyak bekisting	1,6	0,45	lt	30.100,00	13.581,12
H.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,265	0,06	OH	163.000,00	9.913,25
	Kepala tukang	0,265	0,06	OH	153.000,00	9.305,08

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Tukang	1,3	0,30	OH	126.000,00	37.592,10
	Tukang	0,275	0,06	OH	126.000,00	7.952,18
	Tukang	1,05	0,24	OH	126.000,00	30.362,85
	Pembantu tukang	5,3	1,22	OH	115.000,00	139.880,25
	Semen PC 40 Kg	8,4	1,93	Zak	61.300,00	118.174,14
	Pasir Cor	0,54	0,12	m3	260.000,00	32.221,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,19	m3	395.200,00	73.465,70
	Besi beton polos	157,5	36,15	Kg	13.000,00	469.901,25
	Paku usuk	3,2	0,73	Kg	15.600,00	11.456,64
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	0,64	lembar	128.900,00	82.831,14
	Kawat polos	2,25	0,52	Kg	26.500,00	13.683,94
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,07	m3	3.484.400,00	255.894,34
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	0,03	m3	4.899.900,00	134.943,25
	Minyak bekisting	1,6	0,37	Lt	30.100,00	11.052,72
I.	Pekerjaan bekisting lantai					
	Mandor	0,033	0,16	OH	163.000,00	26.034,36
	Kepala tukang	0,033	0,16	OH	153.000,00	24.437,16
	Tukang	0,33	1,60	OH	126.000,00	201.247,20
	Pembantu tukang	0,66	3,19	OH	115.000,00	367.356,00
	Paku usuk	0,4	1,94	Kg	15.600,00	30.201,60
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	1,69	lembar	128.900,00	218.356,60
	Kayu meranti bekisting	0,04	0,19	m3	3.484.400,00	674.579,84
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	0,07	m3	4.899.900,00	355.732,74
	Minyak bekisting	0,2	0,97	Lt	30.100,00	29.136,80
J.	Pekerjaan beton (1 Pc : 2 Ps : 3 Kr) ==> Lantai					
	Semen PC 40 Kg	9,275	2,69	Zak	61.300,00	165.109,10
	Pasir Cor	0,4363	0,13	m3	260.000,00	32.942,40
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5511	0,16	m3	395.200,00	63.247,59

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Biaya air	215	62,44	Lt	6,00	374,62
K.	Pemasangan dinding bata merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata					
	Mandor	0,03	0,67	OH	163.000,00	109.731,60
	Kepala tukang	0,02	0,45	OH	153.000,00	68.666,40
	Tukang	0,2	4,49	OH	126.000,00	565.488,00
	Pembantu tukang	0,6	13,46	OH	115.000,00	1.548.360,00
	Semen PC 40 Kg	0,87	19,52	zak	73.800,00	1.440.782,64
	Pasir pasang	0,08	1,80	m3	260.000,00	466.752,00
	Bata merah kelas 1 (UK. 22 x 11 x 4,5 cm)	140	3141,60	press	1.000,00	3.141.600,00
L.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> atap rumah pompa					
	Mandor	0,283	0,64	OH	163.000,00	103.559,61
	Kepala tukang	0,323	0,73	OH	153.000,00	110.945,66
	Tukang	1,56	3,50	OH	126.000,00	441.277,20
	Tukang	0,275	0,62	OH	126.000,00	77.789,25
	Tukang	1,4	3,14	OH	126.000,00	396.018,00
	Pembantu tukang	5,65	12,68	OH	115.000,00	1.458.688,75
	Semen PC 40 Kg	8,4	18,86	zak	61.300,00	1.155.995,40
	Pasir Cor	0,54	1,21	m3	260.000,00	315.198,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	1,82	m3	395.200,00	718.651,44
	Besi beton polos	210	471,45	Kg	13.000,00	6.128.850,00
	Paku usuk	3	6,74	Kg	15.600,00	105.066,00
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	5,61	lembar	128.900,00	723.451,25
	Kawat polos	3	6,74	Kg	26.500,00	178.477,50
	Kayu meranti bekisting	0,25	0,56	m3	3.484.400,00	1.955.619,50
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	0,24	m3	4.899.900,00	1.155.028,93
	Minyak bekisting	1,2	2,69	lt	30.100,00	81.089,40
M.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> lantai & cover intake					
	Mandor	0,283	0,14	OH	163.000,00	23.387,40

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kepala tukang	0,323	0,16	OH	153.000,00	25.055,43
	Tukang	1,56	0,79	OH	126.000,00	99.655,92
	Tukang	0,275	0,14	OH	126.000,00	17.567,55
	Tukang	1,4	0,71	OH	126.000,00	89.434,80
	Pembantu tukang	5,65	2,86	OH	115.000,00	329.423,25
	Semen PC 40 Kg	8,4	4,26	zak	61.300,00	261.064,44
	Pasir Cor	0,54	0,27	m3	260.000,00	71.182,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,41	m3	395.200,00	162.296,78
	Besi beton polos	210	106,47	Kg	13.000,00	1.384.110,00
	Paku usuk	3	1,52	Kg	15.600,00	23.727,60
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	1,27	lembar	128.900,00	163.380,75
	Kawat polos	3	1,52	Kg	26.500,00	40.306,50
	Kayu meranti bekisting	0,25	0,13	m3	3.484.400,00	441.647,70
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	0,05	m3	4.899.900,00	260.846,18
	Minyak bekisting	1,2	0,61	lt	30.100,00	18.312,84
N.	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> dinding intake					
	Mandor	0,283	24,93	OH	163.000,00	4.063.907,24
	Kepala tukang	0,323	28,46	OH	153.000,00	4.353.752,13
	Tukang	1,56	137,43	OH	126.000,00	17.316.690,30
	Tukang	0,275	24,23	OH	126.000,00	3.052.621,69
	Tukang	1,4	123,34	OH	126.000,00	15.540.619,50
	Pembantu tukang	5,65	497,76	OH	115.000,00	57.242.162,81
	Semen PC 40 Kg	8,4	740,03	zak	61.300,00	45.363.808,35
	Pasir Cor	0,54	47,57	m3	260.000,00	12.369.064,50
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	71,36	m3	395.200,00	28.201.467,06
	Besi beton polos	210	18500,74	Kg	13.000,00	240.509.587,50
	Paku usuk	3	264,30	Kg	15.600,00	4.123.021,50
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	220,25	lembar	128.900,00	28.389.822,19

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kawat polos	3	264,30	Kg	26.500,00	7.003.850,63
	Kayu meranti bekisting	0,25	22,02	m3	3.484.400,00	76.742.821,13
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	9,25	m3	4.899.900,00	45.325.881,84
	Minyak bekisting	1,2	105,72	Lt	30.100,00	3.182.126,85
Total						627.709.936,47

Sumber: Perhitungan

Tabel C. RAB IPAM

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
A.	Pembuatan bouwplank/titik					
	Mandor	0,0045	0,11835	OH	163.000,00	19.291,05
	Kepala tukang	0,01	0,263	OH	153.000,00	40.239,00
	Tukang	0,1	2,63	OH	126.000,00	331.380,00
	Pembantu tukang	0,1	2,63	OH	115.000,00	302.450,00
	Paku biasa 2-5 inchi	0,05	1,315	Doz	31.200,00	41.028,00
	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	0,012	0,3156	m3	4.355.500,00	1.374.595,80
	Kayu meranti bekisting	0,008	0,2104	m3	3.484.400,00	733.117,76
B.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan					
	Mandor	0,025	0,862465	OH	163.000,00	140.581,80
	Pembantu tukang	0,05	1,72493	OH	115.000,00	198.366,95
C.	Penggalian tanah biasa					
	Mandor	0,025	0,700801	OH	163.000,00	114.230,54
	Tenaga kasar	0,75	21,02403	OH	115.000,00	2.417.762,94
D.	Pengurugan pasir					
	Mandor	0,01	0,03378	OH	163.000,00	5.506,14
	Pembantu tukang	0,3	1,0134	OH	115.000,00	116.541,00
	Pasir urug	1,2	4,0536	m3	187.200,00	758.833,92

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
E.	Pemasangan batu kali belah (aanstamping)					
	Mandor	0,039	0,045864	OH	163.000,00	7.475,83
	Kepala tukang	0,039	0,045864	OH	153.000,00	7.017,19
	Tukang	0,39	0,45864	OH	126.000,00	57.788,64
	Pembantu tukang	0,78	0,91728	OH	115.000,00	105.487,20
	Pasir urug	0,432	0,508032	m3	187.200,00	95.103,59
	Batu kali belah 15/20 cm	1,2	1,4112	m3	466.000,00	657.619,20
F.	Pekerjaan pemasangan batu kali belah 15/20 cm (1 Pc : 3 Ps)					
	Mandor	0,075	0,1422	OH	163.000,00	23.178,60
	Kepala tukang	0,075	0,1422	OH	153.000,00	21.756,60
	Tukang	0,75	1,422	OH	126.000,00	179.172,00
	Pembantu tukang	1,5	2,844	OH	115.000,00	327.060,00
	Semen PC 50 kg	4,04	7,65984	Zak	73.800,00	565.296,19
	Pasir pasang	0,485	0,91956	m3	260.000,00	239.085,60
	Batu kali belah 15/20 cm	1,2	2,2752	m3	466.000,00	1.060.243,20
G.	Lantai kerja K-100					
	Mandor	0,06	0,06057	OH	163.000,00	9.872,91
	Kepala tukang	0,02	0,02019	OH	153.000,00	3.089,07
	Tukang	0,2	0,2019	OH	126.000,00	25.439,40
	Pembantu tukang	1,2	1,2114	OH	115.000,00	139.311,00
	Semen PC 40 Kg	5,75	5,804625	zak	61.300,00	355.823,51
	Pasir Cor	0,5581	0,563402	m3	260.000,00	146.484,51
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405	0,545635	m3	395.200,00	215.634,85
	Biaya air	215	217,0425	lt	6,00	1.302,26
H.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> lantai					
	Mandor	0,283	0,417425	OH	163.000,00	68.040,28
	Kepala tukang	0,323	0,476425	OH	153.000,00	72.893,03
	Tukang	1,56	2,301	OH	126.000,00	289.926,00

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
	Tukang	0,275	0,405625	OH	126.000,00	51.108,75
	Tukang	1,4	2,065	OH	126.000,00	260.190,00
	Pembantu tukang	5,65	8,33375	OH	115.000,00	958.381,25
	Semen PC 40 Kg	8,4	12,39	zak	61.300,00	759.507,00
	Pasir Cor	0,54	0,7965	m3	260.000,00	207.090,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	1,19475	m3	395.200,00	472.165,20
	Besi beton polos	210	309,75	Kg	13.000,00	4.026.750,00
	Paku usuk	3	4,425	Kg	15.600,00	69.030,00
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	3,6875	lembar	128.900,00	475.318,75
	Kawat polos	3	4,425	Kg	26.500,00	117.262,50
	Kayu meranti bekisting	0,25	0,36875	m3	3.484.400,00	1.284.872,50
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	0,154875	m3	4.899.900,00	758.872,01
	Minyak bekisting	1,2	1,77	lt	30.100,00	53.277,00
I.	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,283	0,150273	OH	163.000,00	24.494,50
	Kepala tukang	0,323	0,171513	OH	153.000,00	26.241,49
	Tukang	1,56	0,82836	OH	126.000,00	104.373,36
	Tukang	0,275	0,146025	OH	126.000,00	18.399,15
	Tukang	1,4	0,7434	OH	126.000,00	93.668,40
	Pembantu tukang	5,65	3,00015	OH	115.000,00	345.017,25
	Semen PC 40 Kg	8,4	4,4604	zak	61.300,00	273.422,52
	Pasir Cor	0,54	0,28674	m3	260.000,00	74.552,40
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,43011	m3	395.200,00	169.979,47
	Besi beton polos	210	111,51	Kg	13.000,00	1.449.630,00
	Paku usuk	3,2	1,6992	Kg	15.600,00	26.507,52
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	1,4868	lembar	128.900,00	191.648,52
	Kawat polos	3	1,593	Kg	26.500,00	42.214,50
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,16992	m3	3.484.400,00	592.069,25

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	0,07434	m3	4.899.900,00	364.258,57
	Minyak bekisting	1,6	0,8496	lt	30.100,00	25.572,96
J.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,265	0,290851	OH	163.000,00	47.408,67
	Kepala tukang	0,265	0,290851	OH	153.000,00	44.500,16
	Tukang	1,3	1,426815	OH	126.000,00	179.778,69
	Tukang	0,275	0,301826	OH	126.000,00	38.030,11
	Tukang	1,05	1,152428	OH	126.000,00	145.205,87
	Pembantu tukang	5,3	5,817015	OH	115.000,00	668.956,73
	Semen PC 40 Kg	8,4	9,21942	Zak	61.300,00	565.150,45
	Pasir Cor	0,54	0,592677	m3	260.000,00	154.096,02
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,889016	m3	395.200,00	351.338,93
	Besi beton polos	157,5	172,8641	Kg	13.000,00	2.247.233,63
	Paku usuk	3,2	3,51216	Kg	15.600,00	54.789,70
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	3,07314	lembar	128.900,00	396.127,75
	Kawat polos	2,25	2,469488	Kg	26.500,00	65.441,42
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,351216	m3	3.484.400,00	1.223.777,03
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	0,131706	m3	4.899.900,00	645.346,23
	Minyak bekisting	1,6	1,75608	Lt	30.100,00	52.858,01
K.	Pekerjaan balok beton bertulang (200 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,318	0,271747	OH	163.000,00	44.294,74
	Kepala tukang	0,333	0,284565	OH	153.000,00	43.538,47
	Tukang	1,65	1,410008	OH	126.000,00	177.660,95
	Tukang	0,275	0,235001	OH	126.000,00	29.610,16
	Tukang	1,4	1,19637	OH	126.000,00	150.742,62
	Pembantu tukang	6,35	5,426393	OH	115.000,00	624.035,14
	Semen PC 40 Kg	8,4	7,17822	Zak	61.300,00	440.024,89
	Pasir Cor	0,54	0,461457	m3	260.000,00	119.978,82

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,692186	m3	395.200,00	273.551,71
	Besi beton polos	210	179,4555	Kg	13.000,00	2.332.921,50
	Paku usuk	3,2	2,73456	Kg	15.600,00	42.659,14
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	2,39274	lembar	128.900,00	308.424,19
	Kawat polos	3	2,56365	Kg	26.500,00	67.936,73
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,273456	m3	3.484.400,00	952.830,09
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	0,119637	m3	4.899.900,00	586.209,34
	Minyak bekisting	1,6	1,36728	Lt	30.100,00	41.155,13
L.	Pemasangan dinding bata merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata					
	Mandor	0,03	2,48961	OH	163.000,00	405.806,43
	Kepala tukang	0,02	1,65974	OH	153.000,00	253.940,22
	Tukang	0,2	16,5974	OH	126.000,00	2.091.272,40
	Pembantu tukang	0,6	49,7922	OH	115.000,00	5.726.103,00
	Semen PC 40 Kg	0,87	72,19869	zak	73.800,00	5.328.263,32
	Pasir pasang	0,08	6,63896	m3	260.000,00	1.726.129,60
	Bata merah kelas 1 (UK. 22 x 11 x 4,5 cm)	140	11618,18	press	1.000,00	11.618.180,00
M.	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> dinding filter bag. bawah					
	Mandor	0,283	0,209491	OH	163.000,00	34.146,99
	Kepala tukang	0,323	0,239101	OH	153.000,00	36.582,41
	Tukang	1,56	1,15479	OH	126.000,00	145.503,54
	Tukang	0,275	0,203569	OH	126.000,00	25.649,66
	Tukang	1,4	1,03635	OH	126.000,00	130.580,10
	Pembantu tukang	5,65	4,182413	OH	115.000,00	480.977,44
	Semen PC 40 Kg	8,4	6,2181	zak	61.300,00	381.169,53
	Pasir Cor	0,54	0,399735	m3	260.000,00	103.931,10
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,599603	m3	395.200,00	236.962,91
	Besi beton polos	210	155,4525	Kg	13.000,00	2.020.882,50
	Paku usuk	3	2,22075	Kg	15.600,00	34.643,70

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	1,850625	lembar	128.900,00	238.545,56
	Kawat polos	3	2,22075	Kg	26.500,00	58.849,88
	Kayu meranti bekisting	0,25	0,185063	m3	3.484.400,00	644.831,78
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	0,077726	m3	4.899.900,00	380.850,85
	Minyak bekisting	1,2	0,8883	lt	30.100,00	26.737,83
N.	Pekerjaan bekisting dinding ==> sekat					
	Mandor	0,033	0,190714	OH	163.000,00	31.086,32
	Kepala tukang	0,033	0,190714	OH	153.000,00	29.179,18
	Tukang	0,33	1,907136	OH	126.000,00	240.299,14
	Pembantu tukang	0,66	3,814272	OH	115.000,00	438.641,28
	Paku usuk	0,4	2,31168	Kg	15.600,00	36.062,21
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	2,02272	lembar	128.900,00	260.728,61
	Kayu meranti bekisting	0,03	0,173376	m3	3.484.400,00	604.111,33
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	0,086688	m3	4.899.900,00	424.762,53
	Minyak bekisting	0,15	0,86688	lt	30.100,00	26.093,09
O.	Pekerjaan beton (1 Pc : 2 Ps : 3 Kr) ==> sekat					
	Semen PC 40 Kg	9,275	4,394124	Zak	61.300,00	269.359,80
	Pasir Cor	0,4363	0,206701	m3	260.000,00	53.742,39
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5511	0,261089	m3	395.200,00	103.182,43
	Biaya air	215	101,8584	lt	6,00	611,15
P.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> langit-langit					
	Mandor	0,283	0,541477	OH	163.000,00	88.260,83
	Kepala tukang	0,323	0,618011	OH	153.000,00	94.555,74
	Tukang	1,56	2,984823	OH	126.000,00	376.087,68
	Tukang	0,275	0,526171	OH	126.000,00	66.297,51
	Tukang	1,4	2,678687	OH	126.000,00	337.514,59
	Pembantu tukang	5,65	10,81042	OH	115.000,00	1.243.197,86
	Semen PC 40 Kg	8,4	16,07212	zak	61.300,00	985.221,15

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
	Pasir Cor	0,54	1,033208	m3	260.000,00	268.634,06
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	1,549812	m3	395.200,00	612.485,65
	Besi beton polos	210	401,8031	Kg	13.000,00	5.223.440,04
	Paku usuk	3	5,740044	Kg	15.600,00	89.544,69
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	4,78337	lembar	128.900,00	616.576,39
	Kawat polos	3	5,740044	Kg	26.500,00	152.111,17
	Kayu meranti bekisting	0,25	0,478337	m3	3.484.400,00	1.666.717,44
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	0,200902	m3	4.899.900,00	984.397,46
	Minyak bekisting	1,2	2,296018	lt	30.100,00	69.110,13
Q.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> sekat flokulasi horizontal					
	Mandor	0,283	0,326016	OH	163.000,00	53.140,61
	Kepala tukang	0,323	0,372096	OH	153.000,00	56.930,69
	Tukang	1,56	1,79712	OH	126.000,00	226.437,12
	Tukang	0,275	0,3168	OH	126.000,00	39.916,80
	Tukang	1,4	1,6128	OH	126.000,00	203.212,80
	Pembantu tukang	5,65	6,5088	OH	115.000,00	748.512,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	9,6768	Zak	61.300,00	593.187,84
	Pasir Cor	0,54	0,62208	m3	260.000,00	161.740,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,93312	m3	395.200,00	368.769,02
	Besi beton polos	210	241,92	Kg	13.000,00	3.144.960,00
	Paku usuk	3	3,456	Kg	15.600,00	53.913,60
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	2,88	lembar	128.900,00	371.232,00
	Kawat polos	3	3,456	Kg	26.500,00	91.584,00
	Kayu meranti bekisting	0,25	0,288	m3	3.484.400,00	1.003.507,20
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	0,12096	m3	4.899.900,00	592.691,90
	Minyak bekisting	1,2	1,3824	Lt	30.100,00	41.610,24
R.	Plat baja					
	10 mm (plate settler)		18,0576	m2	525.868,06	9.495.915,00

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef	Satuan	Harga satuan	Harga
	15 mm (sludge zone)		25,326	m2	789.930,56	20.005.781,25
	5 mm (gutter in settler)		1,3176	m2	264.062,50	347.928,75
	12 mm (gutter in filter)		0,92	m2	631.944,44	581.388,89
S.	Pemasangan rangka atap galvalume Uk 0,8 mm					
	Mandor	0,005	0,184268	OH	163.000,00	30.035,60
	Kepala tukang besi	0,01	0,368535	OH	153.000,00	56.385,86
	tukang besi	0,1	3,68535	OH	126.000,00	464.354,10
	Pembantu tukang	0,4	14,7414	OH	115.000,00	1.695.261,00
	rangka galvalume uk 0,8 mm	1,1	40,53885	m2	339.600,00	13.766.993,46
T.	Pemasangan atap genteng galvalume					
	Mandor	0,008	0,40788	OH	163.000,00	66.484,44
	Kepala tukang kayu	0,008	0,40788	OH	153.000,00	62.405,64
	Tukang kayu	0,075	3,823875	OH	126.000,00	481.808,25
	Pembantu tukang	0,15	7,64775	OH	115.000,00	879.491,25
	Genteng galvalume	2,65	135,1103	Buah	65.500,00	8.849.721,38
	Paku asbes skrup 4	5,3	270,2205	Buah	8.100,00	2.188.786,05
Total						151.946.153,45

Sumber: Perhitungan

Tabel D. RAB Bangunan Penunjang IPAM & Reservoir

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A.	Pembuatan bouwplank/titik					
	Mandor	0,0045	0,2097	OH	163.000,00	34.181,10
	Kepala tukang	0,01	0,466	OH	153.000,00	71.298,00
	Tukang	0,1	4,66	OH	126.000,00	587.160,00
	Pembantu tukang	0,1	4,66	OH	115.000,00	535.900,00
	Paku biasa 2-5 inchi	0,05	2,33	Doz	31.200,00	72.696,00
	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	0,012	0,5592	m3	4.355.500,00	2.435.595,60

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kayu meranti bekisting	0,008	0,3728	m3	3.484.400,00	1.298.984,32
B.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan					
	Mandor	0,025	3,129	OH	163.000,00	510.027,00
	Pembantu tukang	0,05	6,258	OH	115.000,00	719.670,00
C.	Penggalian tanah biasa					
	Mandor	0,025	8,52680307	OH	163.000,00	1.389.868,90
	Tenaga kasar	0,75	255,804092	OH	115.000,00	29.417.470,59
D.	Pengurugan pasir					
	Mandor	0,01	0,11106	OH	163.000,00	18.102,78
	Pembantu tukang	0,3	3,3318	OH	115.000,00	383.157,00
	Pasir urug	1,2	13,3272	m3	187.200,00	2.494.851,84
E.	Pemasangan trucuk bambu 10 s/d 12 P. 3 m					
	Mandor	0,0025	0,2375	OH	163.000,00	38.712,50
	Tukang	0,04	3,8	OH	126.000,00	478.800,00
	Pembantu tukang	0,05	4,75	OH	115.000,00	546.250,00
	Bambu bongkotan diameter 10-12 cm, p 3 m	1	95	Batang	23.900,00	2.270.500,00
F.	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,265	1,8251875	OH	163.000,00	297.505,56
	Kepala tukang	0,262	1,804525	OH	153.000,00	276.092,33
	Tukang	1,3	8,95375	OH	126.000,00	1.128.172,50
	Tukang	0,275	1,8940625	OH	126.000,00	238.651,88
	Tukang	1,05	7,231875	OH	126.000,00	911.216,25
	Pembantu tukang	5,3	36,50375	OH	115.000,00	4.197.931,25
	Semen PC 50 kg	8,4	57,855	Zak	61.300,00	3.546.511,50
	Pasir cor	0,54	3,71925	m3	260.000,00	967.005,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	5,578875	m3	395.200,00	2.204.771,40
	Besi beton polos	157,5	1084,78125	Kg	13.000,00	14.102.156,25
	Paku usuk	1,5	10,33125	Kg	15.600,00	161.167,50

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kawat beton	2,25	15,496875	Kg	26.500,00	410.667,19
	Kayu meranti bekisting	0,2	1,3775	m3	3.484.400,00	4.799.761,00
	Minyak bekisting	0,4	2,755	lt	30.100,00	82.925,50
G.	Lantai kerja K-100					
	Mandor	0,06	0,292941	OH	163.000,00	47.749,38
	Kepala tukang	0,02	0,097647	OH	153.000,00	14.939,99
	Tukang	0,2	0,97647	OH	126.000,00	123.035,22
	Pembantu tukang	1,2	5,85882	OH	115.000,00	673.764,30
	Semen PC 40 Kg	5,75	28,0735125	zak	61.300,00	1.720.906,32
	Pasir Cor	0,5581	2,72483954	m3	260.000,00	708.458,28
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405	2,63891018	m3	395.200,00	1.042.897,30
	Biaya air	215	1049,70525	Lt	6,00	6.298,23
H.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> lantai					
	Mandor	0,283	3,45426263	OH	163.000,00	563.044,81
	Kepala tukang	0,323	3,94249763	OH	153.000,00	603.202,14
	Tukang	1,56	19,041165	OH	126.000,00	2.399.186,79
	Tukang	0,275	3,35661563	OH	126.000,00	422.933,57
	Tukang	1,4	17,088225	OH	126.000,00	2.153.116,35
	Pembantu tukang	5,65	68,9631938	OH	115.000,00	7.930.767,28
	Semen PC 40 Kg	8,4	102,52935	Zak	61.300,00	6.285.049,16
	Pasir Cor	0,54	6,5911725	m3	260.000,00	1.713.704,85
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	9,88675875	m3	395.200,00	3.907.247,06
	Besi beton polos	210	2563,23375	Kg	13.000,00	33.322.038,75
	Paku usuk	3	36,617625	Kg	15.600,00	571.234,95
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	30,5146875	Lembar	128.900,00	3.933.343,22
	Kawat polos	3	36,617625	Kg	26.500,00	970.367,06
	Kayu meranti bekisting	0,25	3,05146875	m3	3.484.400,00	10.632.537,71
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	1,28161688	m3	4.899.900,00	6.279.794,53

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Minyak bekisting	1,2	14,64705	Lt	30.100,00	440.876,21
I.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,265	0,913455	OH	163.000,00	148.893,17
	Kepala tukang	0,265	0,913455	OH	153.000,00	139.758,62
	Tukang	1,3	4,4811	OH	126.000,00	564.618,60
	Tukang	0,275	0,947925	OH	126.000,00	119.438,55
	Tukang	1,05	3,61935	OH	126.000,00	456.038,10
	Pembantu tukang	5,3	18,2691	OH	115.000,00	2.100.946,50
	Semen PC 40 Kg	8,4	28,9548	Zak	61.300,00	1.774.929,24
	Pasir Cor	0,54	1,86138	m3	260.000,00	483.958,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	2,79207	m3	395.200,00	1.103.426,06
	Besi beton polos	157,5	542,9025	Kg	13.000,00	7.057.732,50
	Paku usuk	3,2	11,0304	Kg	15.600,00	172.074,24
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	9,6516	lembar	128.900,00	1.244.091,24
	Kawat polos	2,25	7,75575	Kg	26.500,00	205.527,38
	Kayu meranti bekisting	0,32	1,10304	m3	3.484.400,00	3.843.432,58
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	0,41364	m3	4.899.900,00	2.026.794,64
	Minyak bekisting	1,6	5,5152	lt	30.100,00	166.007,52
J.	Pemasangan dinding bata merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata					
	Mandor	0,03	11,565234	OH	163.000,00	1.885.133,14
	Kepala tukang	0,02	7,710156	OH	153.000,00	1.179.653,87
	Tukang	0,2	77,10156	OH	126.000,00	9.714.796,56
	Pembantu tukang	0,6	231,30468	OH	115.000,00	26.600.038,20
	Semen PC 40 Kg	0,87	335,391786	zak	73.800,00	24.751.913,81
	Pasir pasang	0,08	30,840624	m3	260.000,00	8.018.562,24
	Bata merah kelas 1 (UK. 22 x 11 x 4,5 cm)	140	53971,092	press	1.000,00	53.971.092,00
K.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> langit-langit reservoir					
	Mandor	0,283	4,6056835	OH	163.000,00	750.726,41

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kepala tukang	0,323	5,2566635	OH	153.000,00	804.269,52
	Tukang	1,56	25,38822	OH	126.000,00	3.198.915,72
	Tukang	0,275	4,4754875	OH	126.000,00	563.911,43
	Tukang	1,4	22,7843	OH	126.000,00	2.870.821,80
	Pembantu tukang	5,65	91,950925	OH	115.000,00	10.574.356,38
	Semen PC 40 Kg	8,4	136,7058	zak	61.300,00	8.380.065,54
	Pasir Cor	0,54	8,78823	m3	260.000,00	2.284.939,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	13,182345	m3	395.200,00	5.209.662,74
	Besi beton polos	210	3417,645	Kg	13.000,00	44.429.385,00
	Paku usuk	3	48,8235	Kg	15.600,00	761.646,60
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	40,68625	lembar	128.900,00	5.244.457,63
	Kawat polos	3	48,8235	Kg	26.500,00	1.293.822,75
	Kayu meranti bekisting	0,25	4,068625	m3	3.484.400,00	14.176.716,95
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	1,7088225	m3	4.899.900,00	8.373.059,37
	Minyak bekisting	1,2	19,5294	lt	30.100,00	587.834,94
L.	Pekerjaan balok beton bertulang (200 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,318	0,13558725	OH	163.000,00	22.100,72
	Kepala tukang	0,333	0,14198288	OH	153.000,00	21.723,38
	Tukang	1,65	0,70351875	OH	126.000,00	88.643,36
	Tukang	0,275	0,11725313	OH	126.000,00	14.773,89
	Tukang	1,4	0,596925	OH	126.000,00	75.212,55
	Pembantu tukang	6,35	2,70748125	OH	115.000,00	311.360,34
	Semen PC 40 Kg	8,4	3,58155	zak	61.300,00	219.549,02
	Pasir Cor	0,54	0,2302425	m3	260.000,00	59.863,05
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,34536375	m3	395.200,00	136.487,75
	Besi beton polos	210	89,53875	Kg	13.000,00	1.164.003,75
	Paku usuk	3,2	1,3644	Kg	15.600,00	21.284,64
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	1,19385	lembar	128.900,00	153.887,27

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kawat polos	3	1,279125	Kg	26.500,00	33.896,81
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,13644	m3	3.484.400,00	475.411,54
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	0,0596925	m3	4.899.900,00	292.487,28
	Minyak bekisting	1,6	0,6822	lt	30.100,00	20.534,22
M.	Pemasangan rangka atap galvalume Uk 0,8 mm					
	Mandor	0,005	0,68475	OH	163.000,00	111.614,25
	Kepala tukang besi	0,01	1,3695	OH	153.000,00	209.533,50
	tukang besi	0,1	13,695	OH	126.000,00	1.725.570,00
	Pembantu tukang	0,4	54,78	OH	115.000,00	6.299.700,00
	rangka galvalume uk 0,8 mm	1,1	150,645	m2	339.600,00	51.159.042,00
N.	Pemasangan atap genteng galvalume					
	Mandor	0,008	0,522144	OH	163.000,00	85.109,47
	Kepala tukang kayu	0,008	0,522144	OH	153.000,00	79.888,03
	Tukang kayu	0,075	4,8951	OH	126.000,00	616.782,60
	Pembantu tukang	0,15	9,7902	OH	115.000,00	1.125.873,00
	Genteng galvalume	2,65	172,9602	Buah	65.500,00	11.328.893,10
	Paku asbes skrup 4	5,3	345,9204	Buah	8.100,00	2.801.955,24
Total						498.982.885,04

Sumber: Perhitungan

Tabel E. RAB SDB

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A.	Pembuatan bouwplank/titik					
	Mandor	0,0045	0,13095	OH	163.000,00	21.344,85
	Kepala tukang	0,01	0,291	OH	153.000,00	44.523,00
	Tukang	0,1	2,91	OH	126.000,00	366.660,00
	Pembantu tukang	0,1	2,91	OH	115.000,00	334.650,00
	Paku biasa 2-5 inchi	0,05	1,455	Doz	31.200,00	45.396,00

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	0,012	0,3492	m3	4.355.500,00	1.520.940,60
	Kayu meranti bekisting	0,008	0,2328	m3	3.484.400,00	811.168,32
B.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan					
	Mandor	0,025	1,261125	OH	163.000,00	205.563,38
	Pembantu tukang	0,05	2,52225	OH	115.000,00	290.058,75
C.	Penggalian tanah biasa					
	Mandor	0,025	0,95173883	OH	163.000,00	155.133,43
	Tenaga kasar	0,75	28,552165	OH	115.000,00	3.283.498,97
D.	Pengurugan pasir					
	Mandor	0,01	0,044785	OH	163.000,00	7.299,96
	Pembantu tukang	0,3	1,34355	OH	115.000,00	154.508,25
	Pasir urug	1,2	5,3742	m3	187.200,00	1.006.050,24
E.	Pemasangan trucuk bambu 10 s/d 12 P. 3 m					
	Mandor	0,0025	0,0525	OH	163.000,00	8.557,50
	Tukang	0,04	0,84	OH	126.000,00	105.840,00
	Pembantu tukang	0,05	1,05	OH	115.000,00	120.750,00
	Bambu bongkotan diameter 10-12 cm, p 3 m	1	21	Batang	23.900,00	501.900,00
F.	Lantai kerja K-100					
	Mandor	0,06	0,161226	OH	163.000,00	26.279,84
	Kepala tukang	0,02	0,053742	OH	153.000,00	8.222,53
	Tukang	0,2	0,53742	OH	126.000,00	67.714,92
	Pembantu tukang	1,2	3,22452	OH	115.000,00	370.819,80
	Semen PC 40 Kg	5,75	15,450825	zak	61.300,00	947.135,57
	Pasir Cor	0,5581	1,49967051	m3	260.000,00	389.914,33
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405	1,45237755	m3	395.200,00	573.979,61
	Biaya air	215	577,7265	lt	6,00	3.466,36
G.	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,283	0,36485775	OH	163.000,00	59.471,81

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kepala tukang	0,323	0,41642775	OH	153.000,00	63.713,45
	Tukang	1,56	2,01123	OH	126.000,00	253.414,98
	Tukang	0,275	0,35454375	OH	126.000,00	44.672,51
	Tukang	1,4	1,80495	OH	126.000,00	227.423,70
	Pembantu tukang	5,65	7,2842625	OH	115.000,00	837.690,19
	Semen PC 40 Kg	8,4	10,8297	zak	61.300,00	663.860,61
	Pasir Cor	0,54	0,696195	m3	260.000,00	181.010,70
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	1,0442925	m3	395.200,00	412.704,40
	Besi beton polos	210	270,7425	Kg	13.000,00	3.519.652,50
	Paku usuk	3,2	4,1256	Kg	15.600,00	64.359,36
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	3,6099	lembar	128.900,00	465.316,11
	Kawat polos	3	3,86775	Kg	26.500,00	102.495,38
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,41256	m3	3.484.400,00	1.437.524,06
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	0,180495	m3	4.899.900,00	884.407,45
	Minyak bekisting	1,6	2,0628	lt	30.100,00	62.090,28
H.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)					
	Mandor	0,265	0,06678	OH	163.000,00	10.885,14
	Kepala tukang	0,265	0,06678	OH	153.000,00	10.217,34
	Tukang	1,3	0,3276	OH	126.000,00	41.277,60
	Tukang	0,275	0,0693	OH	126.000,00	8.731,80
	Tukang	1,05	0,2646	OH	126.000,00	33.339,60
	Pembantu tukang	5,3	1,3356	OH	115.000,00	153.594,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	2,1168	zak	61.300,00	129.759,84
	Pasir Cor	0,54	0,13608	m3	260.000,00	35.380,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	0,20412	m3	395.200,00	80.668,22
	Besi beton polos	157,5	39,69	Kg	13.000,00	515.970,00
	Paku usuk	3,2	0,8064	Kg	15.600,00	12.579,84
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	0,7056	lembar	128.900,00	90.951,84

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kawat polos	2,25	0,567	Kg	26.500,00	15.025,50
	Kayu meranti bekisting	0,32	0,08064	m3	3.484.400,00	280.982,02
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	0,03024	m3	4.899.900,00	148.172,98
	Minyak bekisting	1,6	0,4032	lt	30.100,00	12.136,32
I.	Pekerjaan bekisting lantai					
	Mandor	0,033	1,10484	OH	163.000,00	180.088,92
	Kepala tukang	0,033	1,10484	OH	153.000,00	169.040,52
	Tukang	0,33	11,0484	OH	126.000,00	1.392.098,40
	Pembantu tukang	0,66	22,0968	OH	115.000,00	2.541.132,00
	Paku usuk	0,4	13,392	Kg	15.600,00	208.915,20
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	11,718	lembar	128.900,00	1.510.450,20
	Kayu meranti bekisting	0,04	1,3392	m3	3.484.400,00	4.666.308,48
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	0,5022	m3	4.899.900,00	2.460.729,78
	Minyak bekisting	0,2	6,696	lt	30.100,00	201.549,60
J.	Pekerjaan beton (1 Pc : 2 Ps : 3 Kr) ==> Lantai					
	Semen PC 40 Kg	9,275	46,57905	zak	61.300,00	2.855.295,77
	Pasir Cor	0,4363	2,1910986	m3	260.000,00	569.685,64
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5511	2,7676242	m3	395.200,00	1.093.765,08
	Biaya air	215	1079,73	Lt	6,00	6.478,38
K.	Pemasangan dinding bata merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata					
	Mandor	0,03	2,1726	OH	163.000,00	354.133,80
	Kepala tukang	0,02	1,4484	OH	153.000,00	221.605,20
	Tukang	0,2	14,484	OH	126.000,00	1.824.984,00
	Pembantu tukang	0,6	43,452	OH	115.000,00	4.996.980,00
	Semen PC 40 Kg	0,87	63,0054	Zak	73.800,00	4.649.798,52
	Pasir pasang	0,08	5,7936	m3	260.000,00	1.506.336,00
	Bata merah kelas 1 (UK. 22 x 11 x 4,5 cm)	140	10138,8	Press	1.000,00	10.138.800,00

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
L.	Pekerjaan beton K-125 ==> rabat beton					
	Mandor	0,083	0,47808	OH	163.000,00	77.927,04
	Kepala tukang	0,028	0,16128	OH	153.000,00	24.675,84
	Tukang	0,275	1,584	OH	126.000,00	199.584,00
	Pembantu tukang	1,65	9,504	OH	115.000,00	1.092.960,00
	Semen PC 40 Kg	7,475	43,056	Zak	61.300,00	2.639.332,80
	Pasir Cor	0,4994	2,876544	m3	260.000,00	747.901,44
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5353	3,083328	m3	395.200,00	1.218.531,23
	Biaya air	215	1238,4	Lt	6,00	7.430,40
Total						69.787.374,75

Sumber: Perhitungan

Tabel F. RAB Lain-Lain

No.	Uraian kegiatan	Koef. HSPK	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A.	Pipa					
	Galvanis 65 mm	1,02	21,86	m	816.400,00	18.203.434,08
	Ongkos kerja pemasangan galvanis	3	21,86	m	12.020,00	788.271,60
	PVC 50 mm		0,405	batang	86.500,00	35.032,50
	PVC 150 mm		1,14	batang	654.700,00	746.358,00
	PVC 100 mm		6,465	batang	294.600,00	1.904.589,00
	PVC 200 mm		3,795	batang	1.098.700,00	4.169.566,50
	lem pipa	0,1	3,963	Tube	15.400,00	61.030,20
B.	Media					
	media pasir (IPAM)		3,36	m3	21.000.000,00	70.560.000,00
	media kerikil (IPAM)		1,728	m3	94.500.000,00	163.296.000,00
	media pasir (SDB)		10,368	m3	21.000.000,00	217.728.000,00
	media kerikil (SDB)		12,096	m3	94.500.000,00	1.143.072.000,00
C.	Pompa					
	Pompa intake Grundfos SP-17-7					36.054.000,00
	Pompa backwash Grundfos CR64-1-1					51.283.592,10
	Pompa distribusi Grundfos CRE 10-2					30.577.824,00
	Pompa lumpur diesel					2.500.000,00
Total						1.740.979.697,98

Sumber: Perhitungan

LAMPIRAN B

RAB PERENCANAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK

Tabel A. RAB *Grease Trap*

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A	Penggalian tanah biasa				
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	3.537,10
	Tenaga kasar	0,75	OH	115.000,00	74.865,00
B.	Pengurugan pasir				
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	52,16
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	1.104,00
	Pasir urug	1,2	m3	169.800,00	6.520,32
C.	Pekerjaan bekisting lantai				
	Mandor	0,033	OH	163.000,00	1.936,44
	Kepala tukang	0,033	OH	153.000,00	1.817,64
	Tukang	0,33	OH	126.000,00	14.968,80
	Pembantu tukang	0,66	OH	115.000,00	27.324,00
	Paku usuk	0,4	Kg	15.600,00	2.246,40
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	lembar	128.900,00	16.241,40
	Kayu meranti bekisting	0,04	m3	3.484.400,00	50.175,36
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m3	4.899.900,00	26.459,46
	Minyak bekisting	0,2	lt	30.100,00	2.167,20
D.	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)				
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	1.107,10
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	1.186,06
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	4.717,44
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	831,60
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	4.233,60

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	15.594,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	61.300,00	12.358,08
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	3.369,60
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	7.682,69
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	65.520,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	1.198,08
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	Lembar	128.900,00	8.662,08
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	1.908,00
	Kayu meranti bekisting	0,32	m3	3.484.400,00	26.760,19
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	m3	4.899.900,00	16.463,66
	Minyak bekisting	1,6	Lt	30.100,00	1.155,84
E.	Pekerjaan beton (1 Pc : 2 Ps : 3 Kr) ==> Lantai				
	Semen PC 40 Kg	9,275	Zak	61.300,00	20.468,07
	Pasir Cor	0,4363	m3	260.000,00	4.083,77
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5511	m3	395.200,00	7.840,61
	Biaya air	215	Lt	6,00	46,44
F.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)				
	Mandor	0,265	OH	163.000,00	1.295,85
	Kepala tukang	0,265	OH	153.000,00	1.216,35
	Tukang	1,3	OH	126.000,00	4.914,00
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	1.039,50
	Tukang	1,05	OH	126.000,00	3.969,00
	Pembantu tukang	5,3	OH	115.000,00	18.285,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	61.300,00	15.447,60
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	4.212,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	9.603,36
	Besi beton polos	157,5	Kg	13.000,00	61.425,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	1.497,60

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	Lembar	128.900,00	10.827,60
	Kawat polos	2,25	Kg	26.500,00	1.788,75
	Kayu meranti bekisting	0,32	m3	3.484.400,00	33.450,24
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	m3	4.899.900,00	17.639,64
	Minyak bekisting	1,6	lt	30.100,00	1.444,80
G.	Pemasangan dinding bata merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata				
	Mandor	0,03	OH	163.000,00	7.041,60
	Kepala tukang	0,02	OH	153.000,00	4.406,40
	Tukang	0,2	OH	126.000,00	36.288,00
	Pembantu tukang	0,6	OH	115.000,00	99.360,00
	Semen PC 40 Kg	0,87	zak	73.800,00	92.456,64
	Pasir pasang	0,08	m3	260.000,00	29.952,00
	Bata merah kelas 1 (UK. 22 x 11 x 4,5 cm)	140	press	1.000,00	201.600,00
H.	Tutup				
	Plat baja 5 mm	1	m2	264.062,50	108.160,00
Total					1.201.923,11

Sumber: Perhitungan

Tabel B. RAB Bak Kontrol

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A	Penggalian tanah biasa				
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	2.633,81
	Tenaga kasar	0,75	OH	115.000,00	55.746,25
B.	Pengurugan pasir				
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	39,94
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	845,25
	Pasir urug	1,2	m3	169.800,00	4.992,12
C.	Pekerjaan bekisting lantai				
	Mandor	0,033	OH	163.000,00	1.344,75
	Kepala tukang	0,033	OH	153.000,00	1.262,25
	Tukang	0,33	OH	126.000,00	10.395,00
	Pembantu tukang	0,66	OH	115.000,00	18.975,00
	Paku usuk	0,4	Kg	15.600,00	1.560,00
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	lembar	128.900,00	11.278,75
	Kayu meranti bekisting	0,04	m3	3.484.400,00	34.844,00
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m3	4.899.900,00	18.374,63
	Minyak bekisting	0,2	lt	30.100,00	1.505,00
D.	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)				
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	922,58
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	988,38
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	3.931,20
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	693,00
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	3.528,00
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	12.995,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	10.298,40
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	2.808,00

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	6.402,24
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	54.600,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	998,40
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	128.900,00	7.218,40
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	1.590,00
	Kayu meranti bekisting	0,32	m3	3.484.400,00	22.300,16
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	m3	4.899.900,00	13.719,72
	Minyak bekisting	1,6	lt	30.100,00	963,20
E.	Pekerjaan beton (1 Pc : 2 Ps : 3 Kr) ==> Lantai				
	Semen PC 40 Kg	9,275	zak	61.300,00	14.213,94
	Pasir Cor	0,4363	m3	260.000,00	2.835,95
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5511	m3	395.200,00	5.444,87
	Biaya air	215	lt	6,00	32,25
F.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)				
	Mandor	0,265	OH	163.000,00	1.382,24
	Kepala tukang	0,265	OH	153.000,00	1.297,44
	Tukang	1,3	OH	126.000,00	5.241,60
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	1.108,80
	Tukang	1,05	OH	126.000,00	4.233,60
	Pembantu tukang	5,3	OH	115.000,00	19.504,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	61.300,00	16.477,44
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	4.492,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	10.243,58
	Besi beton polos	157,5	Kg	13.000,00	65.520,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	1.597,44
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	Lembar	128.900,00	11.549,44
	Kawat polos	2,25	Kg	26.500,00	1.908,00
	Kayu meranti bekisting	0,32	m3	3.484.400,00	35.680,26

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	m3	4.899.900,00	18.815,62
	Minyak bekisting	1,6	Lt	30.100,00	1.541,12
G.	Pemasangan dinding bata merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata				
	Mandor	0,03	OH	163.000,00	4.890,00
	Kepala tukang	0,02	OH	153.000,00	3.060,00
	Tukang	0,2	OH	126.000,00	25.200,00
	Pembantu tukang	0,6	OH	115.000,00	69.000,00
	Semen PC 40 Kg	0,87	Zak	73.800,00	64.206,00
	Pasir pasang	0,08	m3	260.000,00	20.800,00
	Bata merah kelas 1 (UK. 22 x 11 x 4,5 cm)	140	Press	1.000,00	140.000,00
H.	Tutup				
	Plat baja 5 mm	1	m2	264.062,50	77.000,63
Total					935.030,42

Sumber: Perhitungan

Tabel C. RAB Interseptor

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
A	Penggalian tanah biasa				
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	39.230,99
	Tenaga kasar	0,75	OH	115.000,00	830.349,20
B.	Pengurugan pasir				
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	611,25
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	12.937,50
	Pasir urug	1,2	m3	169.800,00	76.410,00
C.	Pekerjaan bekisting lantai				
	Mandor	0,033	OH	163.000,00	14.200,56
	Kepala tukang	0,033	OH	153.000,00	13.329,36
	Tukang	0,33	OH	126.000,00	109.771,20
	Pembantu tukang	0,66	OH	115.000,00	200.376,00
	Paku usuk	0,4	Kg	15.600,00	16.473,60
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	0,35	lembar	128.900,00	119.103,60
	Kayu meranti bekisting	0,04	m3	3.484.400,00	367.952,64
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m3	4.899.900,00	194.036,04
	Minyak bekisting	0,2	lt	30.100,00	15.892,80
D.	Lantai kerja K-100				
	Mandor	0,06	OH	163.000,00	1.971,65
	Kepala tukang	0,02	OH	153.000,00	616,90
	Tukang	0,2	OH	126.000,00	5.080,32
	Pembantu tukang	1,2	OH	115.000,00	27.820,80
	Semen PC 40 Kg	5,75	zak	61.300,00	71.058,96
	Pasir Cor	0,5581	m3	260.000,00	29.253,37
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405	m3	395.200,00	43.062,89
	Biaya air	215	lt	6,00	260,06

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
E.	Pekerjaan beton (1 Pc : 2 Ps : 3 Kr) ==> Lantai				
	Semen PC 40 Kg	9,275	zak	61.300,00	225.148,77
	Pasir Cor	0,4363	m3	260.000,00	44.921,45
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5511	m3	395.200,00	86.246,71
	Biaya air	215	lt	6,00	510,84
F.	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)				
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	3.113,71
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	3.335,78
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	13.267,80
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	2.338,88
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	11.907,00
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	43.858,13
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	34.757,10
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	9.477,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	21.607,56
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	184.275,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	3.369,60
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	128.900,00	24.362,10
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	5.366,25
	Kayu meranti bekisting	0,32	m3	3.484.400,00	75.263,04
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,14	m3	4.899.900,00	46.304,06
	Minyak bekisting	1,6	lt	30.100,00	3.250,80
G.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)				
	Mandor	0,265	OH	163.000,00	5.831,33
	Kepala tukang	0,265	OH	153.000,00	5.473,58
	Tukang	1,3	OH	126.000,00	22.113,00
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	4.677,75
	Tukang	1,05	OH	126.000,00	17.860,50

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
	Pembantu tukang	5,3	OH	115.000,00	82.282,50
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	69.514,20
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	18.954,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	43.215,12
	Besi beton polos	157,5	Kg	13.000,00	276.412,50
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	6.739,20
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	128.900,00	48.724,20
	Kawat polos	2,25	Kg	26.500,00	8.049,38
	Kayu meranti bekisting	0,32	m3	3.484.400,00	150.526,08
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	m3	4.899.900,00	79.378,38
	Minyak bekisting	1,6	lt	30.100,00	6.501,60
H.	Pekerjaan dinding beton bertulang (150 kg besi + bekisting)==> dinding				
	Mandor	0,265	OH	163.000,00	58.313,25
	Kepala tukang	0,262	OH	153.000,00	54.116,10
	Tukang	1,3	OH	126.000,00	221.130,00
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	46.777,50
	Tukang	1,05	OH	126.000,00	178.605,00
	Pembantu tukang	5,3	OH	115.000,00	822.825,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	695.142,00
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	189.540,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	432.151,20
	Besi beton polos	157,5	Kg	13.000,00	2.764.125,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	67.392,00
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	128.900,00	487.242,00
	Kawat polos	2,25	Kg	26.500,00	80.493,75
	Kayu meranti bekisting	0,24	m3	3.484.400,00	1.128.945,60
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,16	m3	4.899.900,00	1.058.378,40
	Minyak bekisting	1,6	lt	30.100,00	65.016,00

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga
I.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> langit-langit				
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	20.688,86
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	22.164,42
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	88.157,16
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	15.540,53
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	79.115,40
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	291.412,88
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	230.941,62
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	62.969,40
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	143.570,23
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	1.224.405,00
	Paku usuk	3	Kg	15.600,00	20.989,80
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	lembar	128.900,00	144.529,13
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	35.655,75
	Kayu meranti bekisting	0,25	m3	3.484.400,00	390.688,35
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	m3	4.899.900,00	230.748,54
	Minyak bekisting	1,2	lt	30.100,00	16.199,82
Total					15.246.704,23

Sumber: Perhitungan

Tabel D. RAB Pipa SPAL

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga											
					R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
A.	Pembokaran paving dipakai kembali															
	Mandor	0,02	OH	163.000,00	770.378,75	2.156.286,25	2.480.860,00	1.380.610,00	1.320.300,00	991.855,00	1.722.095,00	1.206.200,00	678.080,00	757.950,00	2.669.940,00	2.728.620,00
	Tenaga kasar	0,04	OH	116.000,00	1.096.490,00	3.069.070,00	3.531.040,00	1.965.040,00	1.879.200,00	1.411.720,00	2.451.080,00	1.716.800,00	965.120,00	1.078.800,00	3.800.160,00	3.883.680,00
B.	Penggalian tanah biasa															
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	2.205.320,79	6.287.410,03	2.711.020,57	2.574.520,66	1.438.866,94	977.656,08	2.097.123,54	1.642.115,66	742.972,55	1.093.301,54	3.292.234,33	3.050.075,87
	Tenaga kasar	0,75	OH	115.000,00	46.677.035,11	133.077.083,49	57.380.496,83	54.491.388,29	30.454.545,67	20.692.720,74	44.386.970,62	34.756.435,81	15.725.492,62	23.140.431,39	69.682.260,46	64.556.820,58
C.	Pemasangan pipa air kotor Ø 2 1/2"															
	Mandor	0,0027	OH	163.000,00	219.719,10	523.719,00										
	Pembantu tukang	0,054	OH	115.000,00	3.100.330,84	7.389.900,00										
	Pipa PVC 2 1/2" type D panjang 4 m	0,3	Batang	69.600,00	10.387.800,00	24.847.200,00										
	Perlengkapan	35%		72.400,00	3.635.730,00	8.696.520,00										
D.	Pemasangan pipa air kotor Ø 4"															
	Mandor	0,0041	OH	163.000,00		135.330,75	1.017.152,60	566.050,10	541.323,00	406.660,55	706.058,95	494.542,00	278.012,80	310.759,50	1.084.650,90	928.829,07
	Pembantu tukang	0,081	OH	115.000,00		1.886.287,50	14.177.430,00	7.889.805,00	7.545.150,00	5.668.177,50	9.841.297,50	6.893.100,00	3.875.040,00	4.331.475,00	15.118.245,00	15.593.310,00
	Pipa PVC 4" type C panjang 4 m	0,3	Batang	89.400,00		5.431.050,00	40.820.040,00	22.716.540,00	21.724.200,00	16.319.970,00	28.335.330,00	19.846.800,00	11.157.120,00	12.471.300,00	43.528.860,00	44.896.680,00
	Perlengkapan	35%		89.400,00		1.900.867,50	14.287.014,00	7.950.789,00	7.603.470,00	5.711.989,50	9.917.365,50	6.946.380,00	3.904.992,00	4.364.955,00	15.235.101,00	15.713.838,00
E.	Pemasangan pipa air kotor Ø 5"															
	Mandor	0,0135	OH	163.000,00											33.007,50	
	Pembantu tukang	0,081	OH	115.000,00											139.725,00	
	Pipa PVC 5" type C panjang 4 m	0,3	Batang	401.700,00											1.807.650,00	
	Perlengkapan	35%		401.700,00											632.677,50	
F.	Pengurugan pasir															
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	779.422,35	2.222.087,16	731.710,94	833.506,85	387.847,82	250.052,38	594.019,28	485.380,76	200.778,85	329.567,63	936.921,99	832.101,51
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	16.496.976,17	47.031.906,23	15.487.133,36	17.641.709,39	8.209.048,95	5.292.519,75	12.572.800,67	10.273.396,35	4.249.613,77	6.975.511,29	19.830.557,48	17.611.964,47
	Pasir urug	1,2	m3	169.800,00	97.432.575,79	277.774.527,90	91.468.356,30	104.193.469,70	48.483.356,91	31.258.081,87	74.256.054,02	60.675.572,21	25.098.588,43	41.197.976,23	117.120.996,86	104.017.793,64
G.	Pengurugan tanah dengan pemadatan															
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	102.705,96	292.876,85	352.697,29	196.301,42	187.698,96	141.010,05	244.830,14	171.465,51	96.410,17	107.752,98	379.971,74	387.928,84
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	2.173.837,87	6.198.927,17	7.465.065,38	4.154.845,93	3.972.769,32	2.984.568,54	5.181.987,58	3.629.177,97	2.040.583,28	2.280.661,27	8.042.346,70	8.210.763,76
	Sewa peralatan	8		1.100,00	554.486,18	1.581.175,63	1.904.132,62	1.059.786,79	1.013.344,06	761.281,25	1.321.782,34	925.703,37	520.496,60	581.733,89	2.051.381,19	2.094.339,74
Total					185.632.808,92	530.502.225,47	253.814.149,89	227.614.363,12	134.761.121,63	92.868.263,21	193.628.795,13	149.663.069,64	69.533.301,07	99.022.175,72	305.386.687,66	284.506.745,49

Tabel E. RAB Manhole

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga											
					R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
A.	Pembokaran paving dipakai kembali															
	Mandor	0,02	OH	163.000,00	157.784,00	441.795,20	142.005,60	157.784,00	78.892,00	63.113,60	142.005,60	31.556,80	63.113,60	78.892,00	268.232,80	173.562,40
	Tenaga kasar	0,04	OH	116.000,00	224.576,00	628.812,80	202.118,40	224.576,00	112.288,00	89.830,40	202.118,40	44.915,20	89.830,40	112.288,00	381.779,20	247.033,60
B.	Penggalian tanah biasa															
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	324.842,70	382.691,40	219.528,40	262.544,10	94.931,20	81.581,50	192.829,00	59.332,00	88.998,00	146.846,70	204.695,40	192.829,00
	Tenaga kasar	0,75	OH	115.000,00	6.875.505,00	8.099.910,00	4.646.460,00	5.556.915,00	2.009.280,00	1.726.725,00	4.081.350,00	1.255.800,00	1.883.700,00	3.108.105,00	4.332.510,00	4.081.350,00
C.	Pengurugan pasir															
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	3.755,52	3.755,52	3.755,52	3.755,52	2.086,40	1.669,12	3.755,52	834,56	1.669,12	2.086,40	3.755,52	3.755,52
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	79.488,00	79.488,00	79.488,00	79.488,00	44.160,00	35.328,00	79.488,00	17.664,00	35.328,00	44.160,00	79.488,00	79.488,00
	Pasir urug	1,2	m3	169.800,00	469.463,04	469.463,04	469.463,04	469.463,04	260.812,80	208.650,24	469.463,04	104.325,12	208.650,24	260.812,80	469.463,04	469.463,04
D.	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> dinding															
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	1.104.319,22	1.277.009,92	789.904,86	918.327,09	358.141,04	303.340,69	710.193,95	207.025,14	325.482,61	513.134,48	745.613,79	710.192,14
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	1.183.081,82	1.368.090,28	846.242,82	983.824,41	383.684,60	324.975,73	760.846,79	221.790,66	348.696,85	549.732,44	798.793,35	760.844,98
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	4.705.637,36	5.441.541,73	3.365.885,30	3.913.107,44	1.526.087,32	1.292.574,94	3.026.229,62	882.159,47	1.386.923,74	2.186.528,92	3.177.180,47	3.026.227,82
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	829.511,96	959.225,29	593.338,46	689.803,16	269.018,08	227.854,78	533.463,26	155.507,39	244.486,78	385.442,08	560.067,23	533.461,46
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	4.223.006,96	4.883.432,29	3.020.665,46	3.511.762,16	1.369.565,08	1.160.002,78	2.715.846,26	791.681,39	1.244.674,78	1.962.269,08	2.851.314,23	2.715.844,46
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	15.555.005,96	17.987.653,69	11.126.310,86	12.935.213,96	5.044.654,48	4.272.752,38	10.003.542,86	2.916.076,19	4.584.632,38	7.227.814,48	10.502.543,63	10.003.541,06
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	12.327.175,76	14.255.019,97	8.817.481,94	10.251.018,32	3.997.834,36	3.386.110,30	7.927.700,18	2.310.959,15	3.633.271,90	5.727.965,56	8.323.151,51	7.927.698,38
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	3.361.166,96	3.886.808,29	2.404.201,46	2.795.074,16	1.090.061,08	923.266,78	2.161.590,26	630.113,39	990.658,78	1.561.805,08	2.269.410,23	2.161.588,46
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	7.663.472,24	8.861.955,30	5.481.589,75	6.372.780,66	2.485.345,05	2.105.052,90	4.928.436,22	1.436.660,85	2.258.706,66	3.560.921,37	5.174.275,00	4.928.434,41
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	65.356.190,96	75.577.294,69	46.748.511,86	54.348.830,96	21.195.715,48	17.952.476,38	42.031.071,86	12.252.238,19	19.262.876,38	30.368.515,48	44.127.704,63	42.031.070,06
	Paku usuk	3	Kg	15.600,00	1.120.382,96	1.295.585,89	801.395,06	931.685,36	363.350,68	307.753,18	720.524,66	210.036,59	330.217,18	520.598,68	756.459,83	720.522,86
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	lembar	128.900,00	7.714.655,96	8.921.143,69	5.518.200,86	6.415.343,96	2.501.944,48	2.119.112,38	4.961.352,86	1.446.256,19	2.273.792,38	3.584.704,48	5.208.833,63	4.961.351,06
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	1.903.220,96	2.200.852,69	1.361.349,86	1.582.676,96	617.233,48	522.788,38	1.223.973,86	356.794,19	560.948,38	884.353,48	1.285.022,63	1.223.972,06
	Kayu meranti bekisting	0,25	m3	3.484.400,00	20.854.124,96	24.115.507,09	14.916.708,26	17.341.849,76	6.763.215,88	5.728.349,98	13.411.447,46	3.909.494,99	6.146.477,98	9.690.111,88	14.080.445,03	13.411.445,66
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	m3	4.899.900,00	12.316.869,59	14.243.102,01	8.810.110,06	10.242.447,93	3.994.491,96	3.383.279,34	7.921.072,21	2.309.027,07	3.630.234,30	5.723.176,68	8.316.192,91	7.921.070,40
	Minyak bekisting	1,2	lt	30.100,00	864.703,76	999.920,77	618.510,74	719.067,92	280.431,16	237.521,50	556.095,38	162.104,75	254.859,10	401.794,36	583.828,31	556.093,58
E.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> langit-langit + lantai															
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	417.006,16	1.167.617,25	375.305,54	417.006,16	208.503,08	166.802,46	375.305,54	83.401,23	166.802,46	208.503,08	708.910,47	458.706,78
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	446.747,76	1.250.893,73	402.072,98	446.747,76	223.373,88	178.699,10	402.072,98	89.349,55	178.699,10	223.373,88	759.471,19	491.422,54

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga											
					R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	1.776.902,40	4.975.326,72	1.599.212,16	1.776.902,40	888.451,20	710.760,96	1.599.212,16	355.380,48	710.760,96	888.451,20	3.020.734,08	1.954.592,64
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	313.236,00	877.060,80	281.912,40	313.236,00	156.618,00	125.294,40	281.912,40	62.647,20	125.294,40	156.618,00	532.501,20	344.559,60
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	1.594.656,00	4.465.036,80	1.435.190,40	1.594.656,00	797.328,00	637.862,40	1.435.190,40	318.931,20	637.862,40	797.328,00	2.710.915,20	1.754.121,60
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	5.873.740,00	16.446.472,00	5.286.366,00	5.873.740,00	2.936.870,00	2.349.496,00	5.286.366,00	1.174.748,00	2.349.496,00	2.936.870,00	9.985.358,00	6.461.114,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	4.654.876,80	13.033.655,04	4.189.389,12	4.654.876,80	2.327.438,40	1.861.950,72	4.189.389,12	930.975,36	1.861.950,72	2.327.438,40	7.913.290,56	5.120.364,48
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	1.269.216,00	3.553.804,80	1.142.294,40	1.269.216,00	634.608,00	507.686,40	1.142.294,40	253.843,20	507.686,40	634.608,00	2.157.667,20	1.396.137,60
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	2.893.812,48	8.102.674,94	2.604.431,23	2.893.812,48	1.446.906,24	1.157.524,99	2.604.431,23	578.762,50	1.157.524,99	1.446.906,24	4.919.481,22	3.183.193,73
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	24.679.200,00	69.101.760,00	22.211.280,00	24.679.200,00	12.339.600,00	9.871.680,00	22.211.280,00	4.935.840,00	9.871.680,00	12.339.600,00	41.954.640,00	27.147.120,00
	Paku usuk	3	Kg	15.600,00	423.072,00	1.184.601,60	380.764,80	423.072,00	211.536,00	169.228,80	380.764,80	84.614,40	169.228,80	211.536,00	719.222,40	465.379,20
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	lembar	128.900,00	2.913.140,00	8.156.792,00	2.621.826,00	2.913.140,00	1.456.570,00	1.165.256,00	2.621.826,00	582.628,00	1.165.256,00	1.456.570,00	4.952.338,00	3.204.454,00
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	718.680,00	2.012.304,00	646.812,00	718.680,00	359.340,00	287.472,00	646.812,00	143.736,00	287.472,00	359.340,00	1.221.756,00	790.548,00
	Kayu meranti bekisting	0,25	m3	3.484.400,00	7.874.744,00	22.049.283,20	7.087.269,60	7.874.744,00	3.937.372,00	3.149.897,60	7.087.269,60	1.574.948,80	3.149.897,60	3.937.372,00	13.387.064,80	8.662.218,40
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	m3	4.899.900,00	4.650.985,08	13.022.758,22	4.185.886,57	4.650.985,08	2.325.492,54	1.860.394,03	4.185.886,57	930.197,02	1.860.394,03	2.325.492,54	7.906.674,64	5.116.083,59
	Minyak bekisting	1,2	lt	30.100,00	326.524,80	914.269,44	293.872,32	326.524,80	163.262,40	130.609,92	293.872,32	65.304,96	130.609,92	163.262,40	555.092,16	359.177,28
F.	Pengurugan tanah dengan pemadatan															
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	57.330,36	68.010,12	37.887,72	45.829,08	16.058,76	13.887,60	32.958,60	10.366,80	15.256,80	25.643,16	35.149,32	32.958,60
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	1.213.434,00	1.439.478,00	801.918,00	970.002,00	339.894,00	293.940,00	697.590,00	219.420,00	322.920,00	542.754,00	743.958,00	697.590,00
	Sewa peralatan	8		1.100,00	309.513,60	367.171,20	204.547,20	247.420,80	86.697,60	74.976,00	177.936,00	55.968,00	82.368,00	138.441,60	189.763,20	177.936,00
Total					231.624.759,09	368.569.029,39	176.771.465,07	202.797.131,23	85.699.144,70	71.167.529,71	164.416.767,42	44.163.416,00	74.599.390,17	109.722.167,92	218.874.748,03	176.658.518,39

Sumber: Perhitungan

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

Tabel F. RAB Sumur Pengumpul

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga			
					R.II	R.I	M.IV	M.PK
A.	Pembokaran paving dipakai kembali							
	Mandor	0,02	OH	163.000,00	13.040,00	13.040,00	13.040,00	13.040,00
	Tenaga kasar	0,04	OH	116.000,00	18.560,00	18.560,00	18.560,00	18.560,00
B.	Penggalian tanah biasa							
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	64.611,57	82.341,08	12.702,76	11.325,69
	Tenaga kasar	0,75	OH	115.000,00	1.367.545,50	1.742.802,00	268.862,07	239.715,52
C.	Pengurugan pasir							
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	319,48	319,48	7.989,47	7.174,25
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	6.762,00	6.762,00	169.102,34	151.847,59
	Pasir urug	1,2	m3	169.800,00	39.936,96	39.936,96	998.733,15	896.825,05
D.	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> dinding							
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	210.347,56	265.333,33	9.040,60	9.040,60
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	225.349,96	284.257,41	9.685,44	9.685,44
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	896.312,92	1.130.612,44	38.525,08	38.525,08
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	158.003,32	199.306,12	6.790,72	6.790,72
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	804.383,32	1.014.652,12	34.573,72	34.573,72
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	2.962.859,32	3.737.361,32	127.350,32	127.350,32

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga			
					R.II	R.I	M.IV	M.PK
	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	61.300,00	2.348.034,52	2.961.819,16	100.923,64	100.923,64
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	640.223,32	807.580,12	27.517,72	27.517,72
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	1.459.710,04	1.841.283,54	62.741,27	62.741,27
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	12.448.799,32	15.702.959,32	535.079,32	535.079,32
	Paku usuk	3	Kg	15.600,00	213.407,32	269.192,92	9.172,12	9.172,12
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	Lembar	128.900,00	1.469.459,32	1.853.581,32	63.160,32	63.160,32
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	362.519,32	457.283,32	15.581,32	15.581,32
	Kayu meranti bekisting	0,25	m3	3.484.400,00	3.972.215,32	5.010.566,52	170.734,92	170.734,92
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	m3	4.899.900,00	2.346.071,44	2.959.342,92	100.839,26	100.839,26
	Minyak bekisting	1,2	Lt	30.100,00	164.706,52	207.761,56	7.078,84	7.078,84
E.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> langit-langit + lantai							
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	31.367,72	31.367,72	31.367,72	31.367,72
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	33.604,92	33.604,92	33.604,92	33.604,92
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	133.660,80	133.660,80	133.660,80	133.660,80
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	23.562,00	23.562,00	23.562,00	23.562,00
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	119.952,00	119.952,00	119.952,00	119.952,00
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	441.830,00	441.830,00	441.830,00	441.830,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	61.300,00	350.145,60	350.145,60	350.145,60	350.145,60
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	95.472,00	95.472,00	95.472,00	95.472,00

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga			
					R.II	R.I	M.IV	M.PK
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	217.676,16	217.676,16	217.676,16	217.676,16
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	1.856.400,00	1.856.400,00	1.856.400,00	1.856.400,00
	Paku usuk	3	Kg	15.600,00	31.824,00	31.824,00	31.824,00	31.824,00
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	lembar	128.900,00	219.130,00	219.130,00	219.130,00	219.130,00
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	54.060,00	54.060,00	54.060,00	54.060,00
	Kayu meranti bekisting	0,25	m3	3.484.400,00	592.348,00	592.348,00	592.348,00	592.348,00
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	m3	4.899.900,00	349.852,86	349.852,86	349.852,86	349.852,86
	Minyak bekisting	1,2	lt	30.100,00	24.561,60	24.561,60	24.561,60	24.561,60
F.	Pengurugan tanah dengan pemadatan							
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	12.845,05	16.439,53	16.264,70	14.656,29
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	271.873,80	347.953,20	344.252,90	310.209,72
	Sewa peralatan	8		1.100,00	69.347,52	88.753,28	87.809,43	79.125,96
G.	Bar screen							
	besi beton polos Ø15 mm		m	12.866,67	256.690,00	256.690,00	256.690,00	256.690,00
	Pompa				6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00
H.	Pemasangan pipa air kotor Ø 2"							
	Mandor	0,0027	OH	163.000,00	3.578,01			
	Pembantu tukang	0,054	OH	115.000,00	50.487,30			
	Pipa PVC 2 1/2" type D panjang 4 m	0,3	batang	47.800,00	116.584,20			

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga			
					R.II	R.I	M.IV	M.PK
	Perlengkapan	35%		47.800,00	40.804,47			
I.	Pemasangan pipa air kotor Ø 4"							
	Mandor	0,0041	OH	163.000,00		5.092,45	2.751,55	2.525,71
	Pembantu tukang	0,081	OH	115.000,00		70.980,30	38.352,10	35.204,28
	Pipa PVC 2 1/2" type D panjang 4 m	0,3	Batang	89.400,00		204.368,40	110.424,41	101.361,10
	Perlengkapan	35%		89.400,00		71.528,94	38.648,54	35.476,39
Total					43.590.836,37	52.243.908,72	14.278.425,73	14.067.979,82

Sumber: Perhitungan

Tabel. G RAB IPAL

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga											
					R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
A.	Pengukuran dan pemasangan bouwplank															
	Mandor	0,005	OH	163.000,00	19.071,00	24.368,50	25.672,50	25.770,30	26.911,30	21.793,10	27.221,00	24.808,60	21.760,50	20.994,40	28.655,40	28.606,50
	Kepala tukang	0,01	OH	153.000,00	35.802,00	45.747,00	48.195,00	48.378,60	50.520,60	40.912,20	51.102,00	46.573,20	40.851,00	39.412,80	53.794,80	53.703,00
	Tukang	0,1	OH	126.000,00	294.840,00	376.740,00	396.900,00	398.412,00	416.052,00	336.924,00	420.840,00	383.544,00	336.420,00	324.576,00	443.016,00	442.260,00
	Pembantu tukang	0,1	OH	115.000,00	269.100,00	343.850,00	362.250,00	363.630,00	379.730,00	307.510,00	384.100,00	350.060,00	307.050,00	296.240,00	404.340,00	403.650,00
	Paku biasa 2-5 inchi	0,02	doz	31.200,00	14.601,60	18.657,60	19.656,00	19.730,88	20.604,48	16.685,76	20.841,60	18.994,56	16.660,80	16.074,24	21.939,84	21.902,40
	Kayu meranti papan 2/20, 4/10	0,007	m3	4.355.500,00	713.430,90	911.606,15	960.387,75	964.046,37	1.006.730,27	815.262,49	1.018.315,90	928.069,94	814.042,95	785.383,76	1.071.975,66	1.070.146,35
	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	0,012	m3	4.355.500,00	1.223.024,40	1.562.753,40	1.646.379,00	1.652.650,92	1.725.823,32	1.397.592,84	1.745.684,40	1.590.977,04	1.395.502,20	1.346.372,16	1.837.672,56	1.834.536,60
B.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan															
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	85.167,50	166.504,50	159.801,13	148.444,10	156.431,10	117.396,68	158.599,00	149.389,50	103.566,13	117.938,65	228.998,70	228.485,25
	Pembantu tukang	0,05	OH	115.000,00	120.175,00	234.945,00	225.486,25	209.461,00	220.731,00	165.651,75	223.790,00	210.795,00	146.136,25	166.416,50	323.127,00	322.402,50
C.	Penggalian tanah biasa															
	Mandor	0,025	OH	163.000,00	156.563,42	378.971,03	521.233,19	336.449,88	491.466,59	304.151,73	470.728,70	340.885,60	253.794,48	205.118,90	748.421,71	642.997,57
	Tenaga kasar	0,75	OH	115.000,00	949.308,08	1.454.091,07	2.260.223,20	1.570.421,74	2.306.902,71	1.523.283,83	2.200.948,68	1.509.487,72	1.464.210,56	956.609,75	2.476.390,01	2.116.990,36
D.	Pengurugan pasir															
	Mandor	0,01	OH	163.000,00	2.321,12	5.256,75	4.910,38	4.450,23	4.701,25	3.446,96	4.769,38	4.545,74	2.895,70	3.516,56	7.499,30	7.481,70
	Pembantu tukang	0,3	OH	115.000,00	49.128,00	111.262,50	103.931,25	94.191,90	99.504,90	72.957,15	100.947,00	96.213,60	61.289,25	74.430,30	158.727,60	158.355,00
	Pasir urug	1,2	m3	169.800,00	290.154,24	657.126,00	613.827,00	556.305,55	587.684,59	430.891,27	596.201,76	568.245,89	361.979,64	439.591,82	937.459,01	935.258,40
E.	Lantai kerja K-100															
	Mandor	0,06	OH	163.000,00	8.356,03	18.924,30	17.677,35	16.020,81	16.924,49	12.409,06	17.169,77	16.364,68	10.424,50	12.659,62	26.997,49	26.934,12
	Kepala tukang	0,02	OH	153.000,00	2.614,46	5.921,10	5.530,95	5.012,65	5.295,39	3.882,59	5.372,14	5.120,24	3.261,65	3.960,99	8.447,07	8.427,24
	Tukang	0,2	OH	126.000,00	21.530,88	48.762,00	45.549,00	41.280,62	43.609,10	31.974,26	44.241,12	42.166,66	26.860,68	32.619,89	69.564,10	69.400,80
	Pembantu tukang	1,2	OH	115.000,00	117.907,20	267.030,00	249.435,00	226.060,56	238.811,76	175.097,16	242.272,80	230.912,64	147.094,20	178.632,72	380.946,24	380.052,00
	Semen PC 40 Kg	5,75	zak	61.300,00	301.154,64	682.039,13	637.098,56	577.396,35	609.965,04	447.227,33	618.805,11	589.789,37	375.703,10	456.257,74	973.000,19	970.716,15
	Pasir Cor	0,5581	m3	260.000,00	123.978,57	280.780,11	262.279,10	237.701,04	251.108,84	184.113,39	254.748,09	242.802,97	154.668,49	187.831,01	400.562,21	399.621,92
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5405	m3	395.200,00	182.504,62	413.326,84	386.092,12	349.911,61	369.648,76	271.027,06	375.005,99	357.421,98	227.682,21	276.499,63	589.653,99	588.269,82
	Biaya air	215	lt	6,00	1.102,18	2.496,15	2.331,68	2.113,17	2.232,37	1.636,78	2.264,72	2.158,53	1.375,01	1.669,83	3.561,02	3.552,66
F.	Pemasangan trucuk bambu 10 s/d 12 P. 3 m															
	Mandor	0,0025	OH	163.000,00	6.520,00	11.002,50	5.705,00	7.335,00	7.335,00	7.335,00	6.520,00	6.520,00	7.335,00	7.335,00	9.780,00	8.557,50
	Tukang	0,04	OH	126.000,00	80.640,00	136.080,00	70.560,00	90.720,00	90.720,00	90.720,00	80.640,00	80.640,00	90.720,00	90.720,00	120.960,00	105.840,00
	Pembantu tukang	0,05	OH	115.000,00	92.000,00	155.250,00	80.500,00	103.500,00	103.500,00	103.500,00	92.000,00	92.000,00	103.500,00	103.500,00	138.000,00	120.750,00

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga											
					R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
	Bambu bongkotan diameter 10-12 cm, p 3 m	1	Batang	23.900,00	382.400,00	645.300,00	334.600,00	430.200,00	430.200,00	430.200,00	382.400,00	382.400,00	430.200,00	430.200,00	573.600,00	501.900,00
G.	Pekerjaan beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> langit-langit + lantai															
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	243.745,64	570.062,18	529.376,40	477.176,83	504.300,68	368.109,42	511.662,87	489.078,11	305.743,01	376.892,38	819.066,52	817.129,11
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	261.130,00	610.720,00	567.132,44	511.209,90	540.268,28	394.363,62	548.155,55	523.960,01	327.549,13	403.773,00	877.483,76	875.408,17
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	1.038.623,04	2.429.088,48	2.255.722,56	2.033.295,26	2.148.872,54	1.568.548,80	2.180.243,52	2.084.007,74	1.302.799,68	1.605.973,82	3.490.119,36	3.481.863,84
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	183.090,60	428.204,70	397.643,40	358.433,46	378.807,66	276.507,00	384.337,80	367.373,16	229.660,20	283.104,36	615.245,40	613.790,10
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	932.097,60	2.179.951,20	2.024.366,40	1.824.752,16	1.928.475,36	1.407.672,00	1.956.628,80	1.870.263,36	1.169.179,20	1.441.258,56	3.132.158,40	3.124.749,60
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	3.433.279,00	8.029.610,50	7.456.531,00	6.721.273,90	7.103.326,90	5.185.005,00	7.207.027,00	6.888.909,40	4.306.543,00	5.308.717,40	11.536.961,00	11.509.671,50
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	2.720.837,28	6.363.381,36	5.909.221,92	5.326.538,45	5.629.311,41	4.109.061,60	5.711.492,64	5.459.387,81	3.412.889,76	4.207.102,37	9.142.919,52	9.121.292,88
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	741.873,60	1.735.063,20	1.611.230,40	1.452.353,76	1.534.908,96	1.120.392,00	1.557.316,80	1.488.576,96	930.571,20	1.147.124,16	2.492.942,40	2.487.045,60
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	1.691.471,81	3.955.944,10	3.673.605,31	3.311.366,57	3.499.592,43	2.554.493,76	3.550.682,30	3.393.955,47	2.121.702,34	2.615.443,08	5.683.908,67	5.670.463,97
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	14.425.320,00	33.737.340,00	31.329.480,00	28.240.212,00	29.845.452,00	21.785.400,00	30.281.160,00	28.944.552,00	18.094.440,00	22.305.192,00	48.473.880,00	48.359.220,00
	Paku usuk	3	Kg	15.600,00	247.291,20	578.354,40	537.076,80	484.117,92	511.636,32	373.464,00	519.105,60	496.192,32	310.190,40	382.374,72	830.980,80	829.015,20
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	lembar	128.900,00	1.702.769,00	3.982.365,50	3.698.141,00	3.333.482,90	3.522.965,90	2.571.555,00	3.574.397,00	3.416.623,40	2.135.873,00	2.632.911,40	5.721.871,00	5.708.336,50
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	420.078,00	982.461,00	912.342,00	822.379,80	869.125,80	634.410,00	881.814,00	842.890,80	526.926,00	649.546,80	1.411.602,00	1.408.263,00
	Kayu meranti bekisting	0,25	m3	3.484.400,00	4.602.892,40	10.765.053,80	9.996.743,60	9.011.006,84	9.523.213,64	6.951.378,00	9.662.241,20	9.235.750,64	5.773.650,80	7.117.235,44	15.467.251,60	15.430.665,40
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	m3	4.899.900,00	2.718.562,52	6.358.061,24	5.904.281,50	5.322.085,18	5.624.605,01	4.105.626,21	5.706.717,53	5.454.823,47	3.410.036,41	4.203.585,01	9.135.275,56	9.113.667,00
	Minyak bekisting	1,2	lt	30.100,00	190.858,08	446.370,96	414.513,12	373.639,73	394.878,29	288.237,60	400.643,04	382.958,69	239.403,36	295.114,85	641.346,72	639.829,68
H.	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)==> dinding luar															
	Mandor	0,283	OH	163.000,00	304.266,88	489.843,85	811.870,40	535.114,85	829.971,42	524.486,73	786.591,71	512.253,32	502.621,58	301.130,11	891.175,38	745.998,19
	Kepala tukang	0,323	OH	153.000,00	325.967,72	524.780,36	869.774,40	573.280,17	889.166,42	561.894,03	842.692,79	548.788,11	538.469,42	322.607,23	954.735,54	799.204,07
	Tukang	1,56	OH	126.000,00	1.296.509,76	2.087.270,64	3.459.456,00	2.280.174,62	3.536.586,14	2.234.887,20	3.351.741,12	2.182.759,49	2.141.717,76	1.283.143,68	3.797.381,95	3.178.768,32
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	228.551,40	367.948,35	609.840,00	401.953,86	623.436,66	393.970,50	590.851,80	384.781,32	377.546,40	226.195,20	669.410,28	560.359,80
	Tukang	1,4	OH	126.000,00	1.163.534,40	1.873.191,60	3.104.640,00	2.046.310,56	3.173.859,36	2.005.668,00	3.007.972,80	1.958.886,72	1.922.054,40	1.151.539,20	3.407.906,88	2.852.740,80
	Pembantu tukang	5,65	OH	115.000,00	4.285.751,00	6.899.695,25	11.435.600,00	7.537.359,90	11.690.561,90	7.387.657,50	11.079.537,00	7.215.343,80	7.079.676,00	4.241.568,00	12.552.650,20	10.507.757,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	3.396.412,32	5.467.935,48	9.062.592,00	5.973.277,97	9.264.646,61	5.854.640,40	8.780.415,84	5.718.083,62	5.610.568,32	3.361.397,76	9.947.842,46	8.327.286,24
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	926.078,40	1.490.907,60	2.471.040,00	1.628.696,16	2.526.132,96	1.596.348,00	2.394.100,80	1.559.113,92	1.529.798,40	916.531,20	2.712.415,68	2.270.548,80
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	2.111.458,75	3.399.269,33	5.633.971,20	3.713.427,24	5.759.583,15	3.639.673,44	5.458.549,82	3.554.779,74	3.487.940,35	2.089.691,14	6.184.307,75	5.176.851,26
	Besi beton polos	210	Kg	13.000,00	18.007.080,00	28.989.870,00	48.048.000,00	31.669.092,00	49.119.252,00	31.040.100,00	46.551.960,00	30.316.104,00	29.746.080,00	17.821.440,00	52.741.416,00	44.149.560,00
	Paku usuk	3	Kg	15.600,00	308.692,80	496.969,20	823.680,00	542.898,72	842.044,32	532.116,00	798.033,60	519.704,64	509.932,80	305.510,40	904.138,56	756.849,60
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,5	lembar	128.900,00	2.125.561,00	3.421.972,75	5.671.600,00	3.738.228,90	5.798.050,90	3.663.982,50	5.495.007,00	3.578.521,80	3.511.236,00	2.103.648,00	6.225.612,20	5.211.427,00
	Kawat polos	3	Kg	26.500,00	524.382,00	844.210,50	1.399.200,00	922.231,80	1.430.395,80	903.915,00	1.355.634,00	882.831,60	866.232,00	518.976,00	1.535.876,40	1.285.674,00

No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga											
					R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
	Kayu meranti bekisting	0,25	m3	3.484.400,00	5.745.775,60	9.250.210,90	15.331.360,00	10.105.108,44	15.673.179,64	9.904.407,00	14.853.997,20	9.673.391,28	9.491.505,60	5.686.540,80	16.828.955,12	14.087.429,20
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	m3	4.899.900,00	3.393.572,74	5.463.364,00	9.055.015,20	5.968.284,00	9.256.900,88	5.849.745,61	8.773.074,95	5.713.303,00	5.605.877,59	3.358.587,46	9.939.525,55	8.320.324,19
	Minyak bekisting	1,2	lt	30.100,00	238.247,52	383.558,28	635.712,00	419.006,45	649.885,49	410.684,40	615.918,24	401.105,38	393.563,52	235.791,36	697.809,50	584.132,64
I.	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + bekisting)															
	Mandor	0,265	OH	163.000,00		24.793,93									32.137,08	22.461,40
	Kepala tukang	0,265	OH	153.000,00		23.272,83									30.165,48	21.083,40
	Tukang	1,3	OH	126.000,00		94.021,20									121.867,20	85.176,00
	Tukang	0,275	OH	126.000,00		19.889,10									25.779,60	18.018,00
	Tukang	1,05	OH	126.000,00		75.940,20									98.431,20	68.796,00
	Pembantu tukang	5,3	OH	115.000,00		349.853,00									453.468,00	316.940,00
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00		295.564,08									383.100,48	267.758,40
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00		80.589,60									104.457,60	73.008,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00		183.744,29									238.163,33	166.458,24
	Besi beton polos	157,5	Kg	13.000,00		1.175.265,00									1.523.340,00	1.064.700,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00		28.654,08									37.140,48	25.958,40
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	128.900,00		207.168,08									268.524,48	187.678,40
	Kawat polos	2,25	Kg	26.500,00		34.224,75									44.361,00	31.005,00
	Kayu meranti bekisting	0,32	m3	3.484.400,00		640.014,59									829.565,95	579.804,16
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,12	m3	4.899.900,00		337.505,11									437.463,07	305.753,76
	Minyak bekisting	1,6	lt	30.100,00		27.643,84									35.831,04	25.043,20
J.	Pemasangan dinding bata merah 1 Pc : 2 Pp tebal 1 bata ==> dinding dalam															
	Mandor	0,03	OH	163.000,00	36.088,20	129.438,30	125.184,00	91.736,40	135.550,80	95.844,00	106.797,60	102.396,60	67.433,10	74.621,40	216.431,40	176.675,70
	Kepala tukang	0,02	OH	153.000,00	22.582,80	80.998,20	78.336,00	57.405,60	84.823,20	59.976,00	66.830,40	64.076,40	42.197,40	46.695,60	135.435,60	110.557,80
	Tukang	0,2	OH	126.000,00	185.976,00	667.044,00	645.120,00	472.752,00	698.544,00	493.920,00	550.368,00	527.688,00	347.508,00	384.552,00	1.115.352,00	910.476,00
	Pembantu tukang	0,6	OH	115.000,00	509.220,00	1.826.430,00	1.766.400,00	1.294.440,00	1.912.680,00	1.352.400,00	1.506.960,00	1.444.860,00	951.510,00	1.052.940,00	3.053.940,00	2.492.970,00
	Semen PC 40 Kg	0,87	zak	73.800,00	473.840,28	1.699.532,82	1.643.673,60	1.204.504,56	1.779.790,32	1.258.437,60	1.402.259,04	1.344.473,64	885.400,74	979.783,56	2.841.757,56	2.319.762,78
	Pasir pasang	0,08	m3	260.000,00	153.504,00	550.576,00	532.480,00	390.208,00	576.576,00	407.680,00	454.272,00	435.552,00	286.832,00	317.408,00	920.608,00	751.504,00
	Bata merah kelas 1 (UK. 22 x 11 x 4,5 cm)	140	press	1.000,00	1.033.200,00	3.705.800,00	3.584.000,00	2.626.400,00	3.880.800,00	2.744.000,00	3.057.600,00	2.931.600,00	1.930.600,00	2.136.400,00	6.196.400,00	5.058.200,00
K.	Pekerjaan dinding beton bertulang (150 kg besi + bekisting)==> sekat upflow downflow															
	Mandor	0,265	OH	163.000,00	33.212,88	104.620,57	96.409,61	77.496,72	77.496,72	53.279,00	66.425,76	77.219,95	42.623,20	65.872,21	132.851,52	145.306,35
	Kepala tukang	0,262	OH	153.000,00	35.581,68	112.082,29	103.285,71	83.023,92	83.023,92	57.078,95	71.163,36	82.727,41	45.663,16	70.570,33	142.326,72	155.669,85
	Tukang	1,3	OH	126.000,00	141.523,20	445.798,08	410.810,40	330.220,80	330.220,80	227.026,80	283.046,40	329.041,44	181.621,44	280.687,68	566.092,80	619.164,00

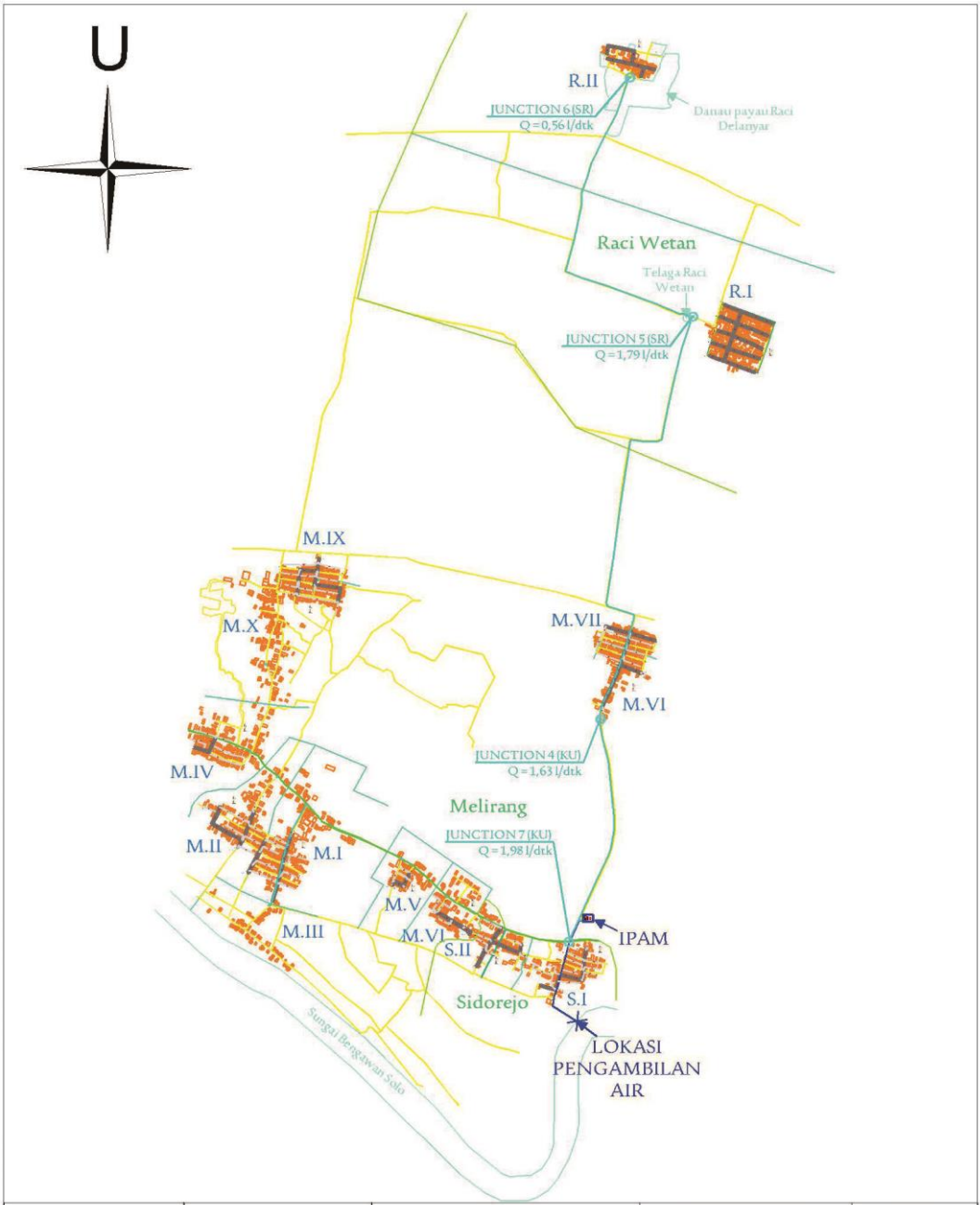
No.	Uraian kegiatan	Koef.	Satuan	Harga satuan	Harga											
					R.II	R.I	S.I	S.II	M.I.a	M.I.b	M.II	M.IV	M.V	M.VI	M.PW	M.PK
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	24.948,00	78.586,20	72.418,50	58.212,00	58.212,00	40.020,75	49.896,00	58.004,10	32.016,60	49.480,20	99.792,00	109.147,50
	Tukang	1,05	OH	126.000,00	127.008,00	400.075,20	368.676,00	296.352,00	296.352,00	203.742,00	254.016,00	295.293,60	162.993,60	251.899,20	508.032,00	555.660,00
	Pembantu tukang	5,3	OH	115.000,00	467.820,00	1.473.633,00	1.357.977,50	1.091.580,00	1.091.580,00	750.461,25	935.640,00	1.087.681,50	600.369,00	927.843,00	1.871.280,00	2.046.712,50
	Semen PC 40 Kg	8,4	zak	61.300,00	370.742,40	1.167.838,56	1.076.182,80	865.065,60	865.065,60	594.732,60	741.484,80	861.976,08	475.786,08	735.305,76	1.482.969,60	1.621.998,00
	Pasir Cor	0,54	m3	260.000,00	101.088,00	318.427,20	293.436,00	235.872,00	235.872,00	162.162,00	202.176,00	235.029,60	129.729,60	200.491,20	404.352,00	442.260,00
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,81	m3	395.200,00	230.480,64	726.014,02	669.034,08	537.788,16	537.788,16	369.729,36	460.961,28	535.867,49	295.783,49	457.119,94	921.922,56	1.008.352,80
	Besi beton polos	157,5	Kg	13.000,00	1.965.600,00	6.191.640,00	5.705.700,00	4.586.400,00	4.586.400,00	3.153.150,00	3.931.200,00	4.570.020,00	2.522.520,00	3.898.440,00	7.862.400,00	8.599.500,00
	Paku usuk	3,2	Kg	15.600,00	33.696,00	106.142,40	97.812,00	78.624,00	78.624,00	54.054,00	67.392,00	78.343,20	43.243,20	66.830,40	134.784,00	147.420,00
	Plywood Uk. 122 x 244 x 9 mm	2,8	lembar	128.900,00	232.020,00	730.863,00	673.502,50	541.380,00	541.380,00	372.198,75	464.040,00	539.446,50	297.759,00	460.173,00	928.080,00	1.015.087,50
	Kawat polos	2,25	Kg	26.500,00	57.240,00	180.306,00	166.155,00	133.560,00	133.560,00	91.822,50	114.480,00	133.083,00	73.458,00	113.526,00	228.960,00	250.425,00
	Kayu meranti bekisting	0,24	m3	3.484.400,00	627.192,00	1.975.654,80	1.820.599,00	1.463.448,00	1.463.448,00	1.006.120,50	1.254.384,00	1.458.221,40	804.896,40	1.243.930,80	2.508.768,00	2.743.965,00
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,16	m3	4.899.900,00	370.432,44	1.166.862,19	1.075.283,06	864.342,36	864.342,36	594.235,37	740.864,88	861.255,42	475.388,30	734.691,01	1.481.729,76	1.620.641,93
	Minyak bekisting	1,6	lt	30.100,00	26.006,40	81.920,16	75.490,80	60.681,60	60.681,60	41.718,60	52.012,80	60.464,88	33.374,88	51.579,36	104.025,60	113.778,00
L.	Pekerjaan beton K-125 ==> rabat beton lantai bak pengendap															
	Mandor	0,083	OH	163.000,00	6.899,79	20.455,85	19.278,83	10.823,20								
	Kepala tukang	0,028	OH	153.000,00	2.184,84	6.477,41	6.104,70	3.427,20								
	Tukang	0,275	OH	126.000,00	17.671,50	52.390,80	49.376,25	27.720,00								
	Pembantu tukang	1,65	OH	115.000,00	96.772,50	286.902,00	270.393,75	151.800,00								
	Semen PC 40 Kg	7,475	zak	61.300,00	233.690,93	692.824,86	652.959,94	366.574,00								
	Pasir Cor	0,4994	m3	260.000,00	66.220,44	196.324,13	185.027,70	103.875,20								
	Batu pecah mesin 1/2 cm	0,5353	m3	395.200,00	107.890,79	319.864,45	301.459,55	169.240,45								
	Biaya air	215	lt	6,00	657,90	1.950,48	1.838,25	1.032,00								
M.	Media sarang tawon	1	m3	2.222.222,22	1.800.000,00	4.560.000,00										
Total					95.070.149,50	197.217.438,97	229.011.375,97	174.413.351,36	224.659.351,15	151.695.772,74	215.749.503,81	172.444.264,72	135.545.669,11	120.075.049,81	300.023.349,19	275.730.997,57

Sumber: Perhitungan

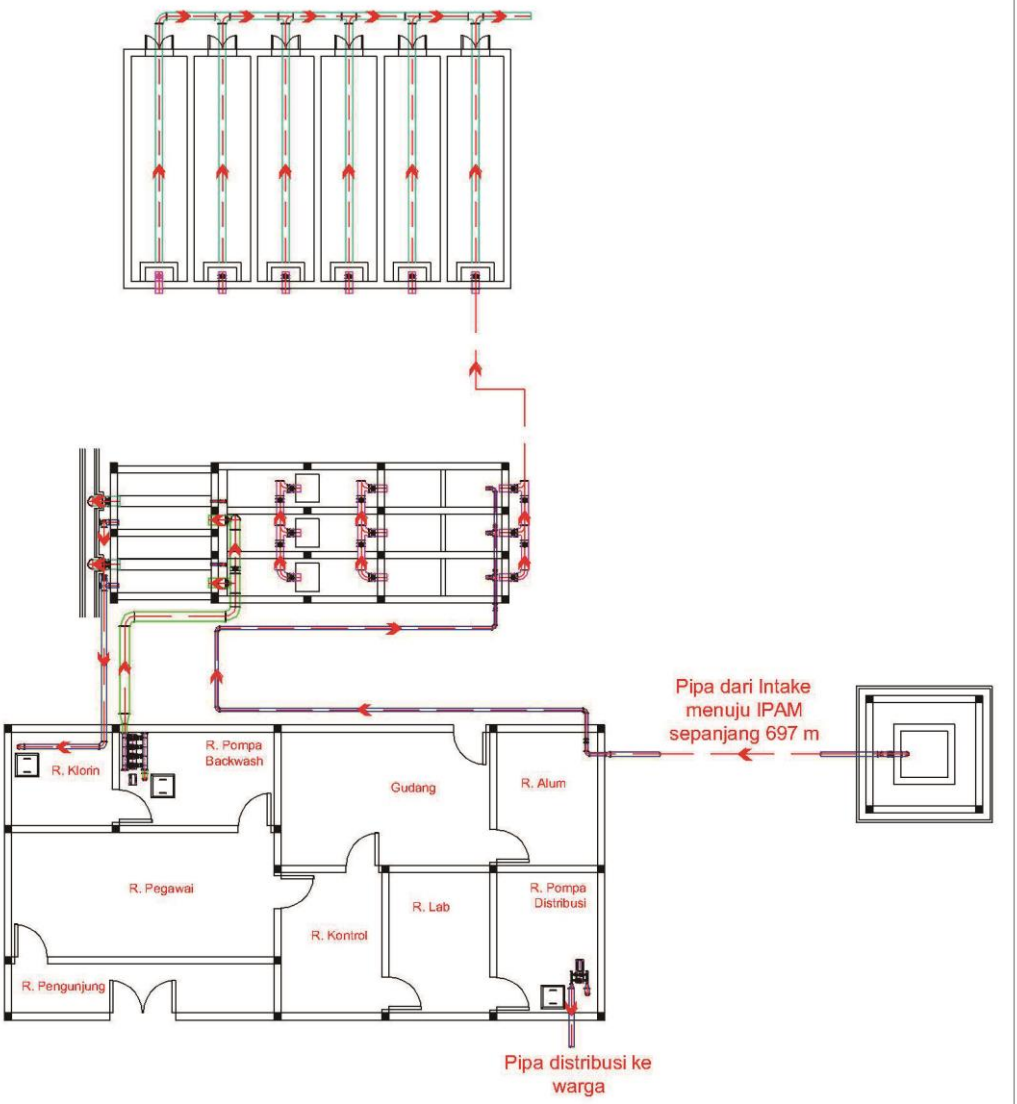
LAMPIRAN C

DETAIL ENGINEERING DESIGN

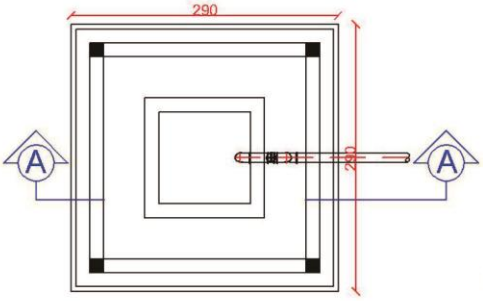
“Halaman ini sengaja dikosongkan”



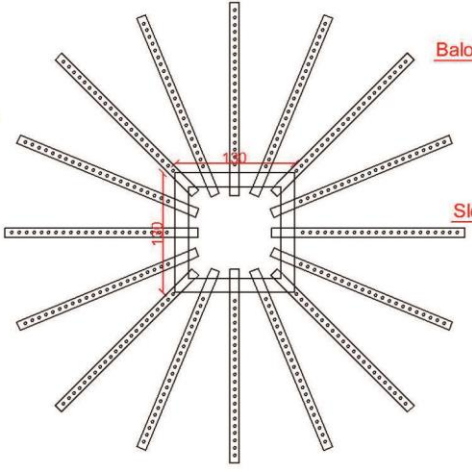
	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Pipa air baku Pipa pelayanan air bersih	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Peta Pelayanan Air Bersih		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	1



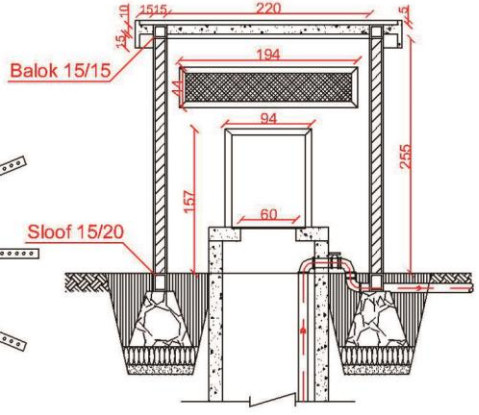
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Pipa Air Olahan Pipa Backwash Pipa Lumpur Pipa Air Buangan Arah Aliran Pipa	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:160
	JUDUL GAMBAR Denah IPAM		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 2



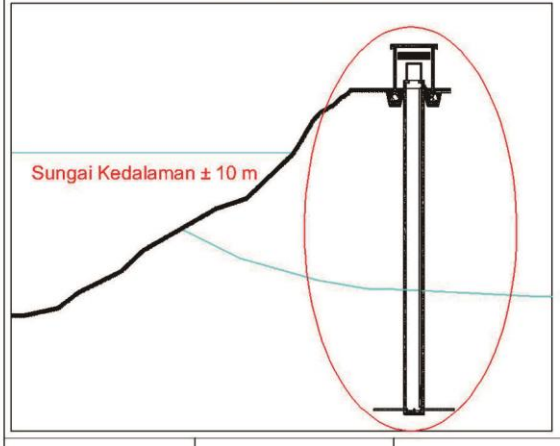
Denah Rumah Pompa
Skala 1:80

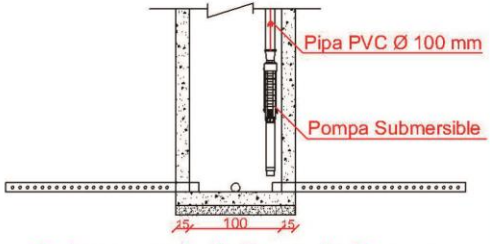


Denah Intake
Skala 1:80



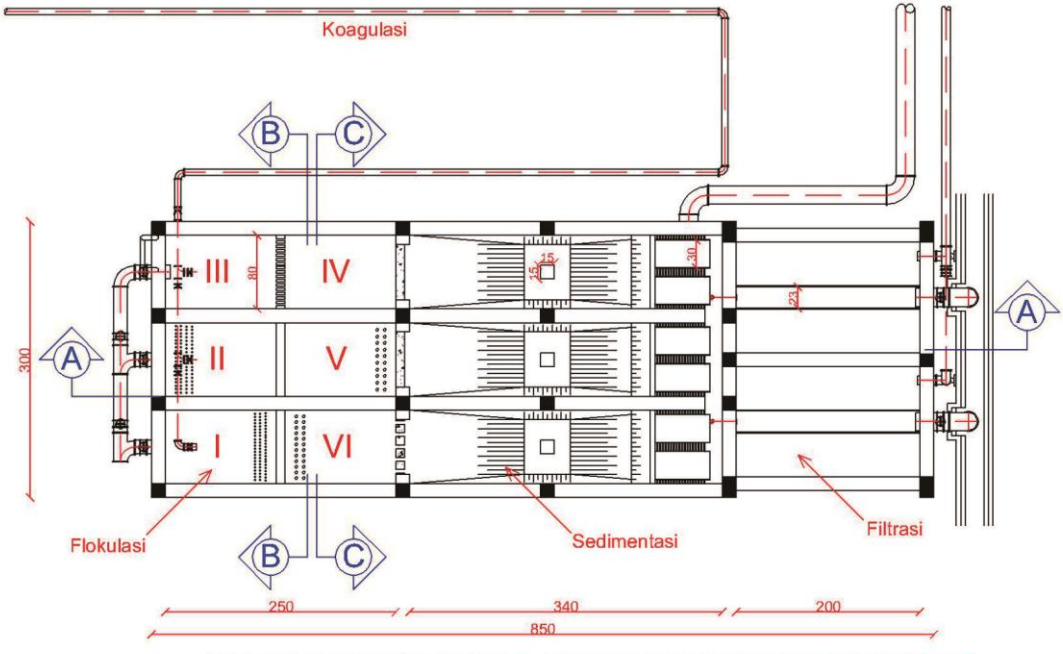
Kedalaman 20 m





Potongan A-A Rumah Pompa
Skala 1:80

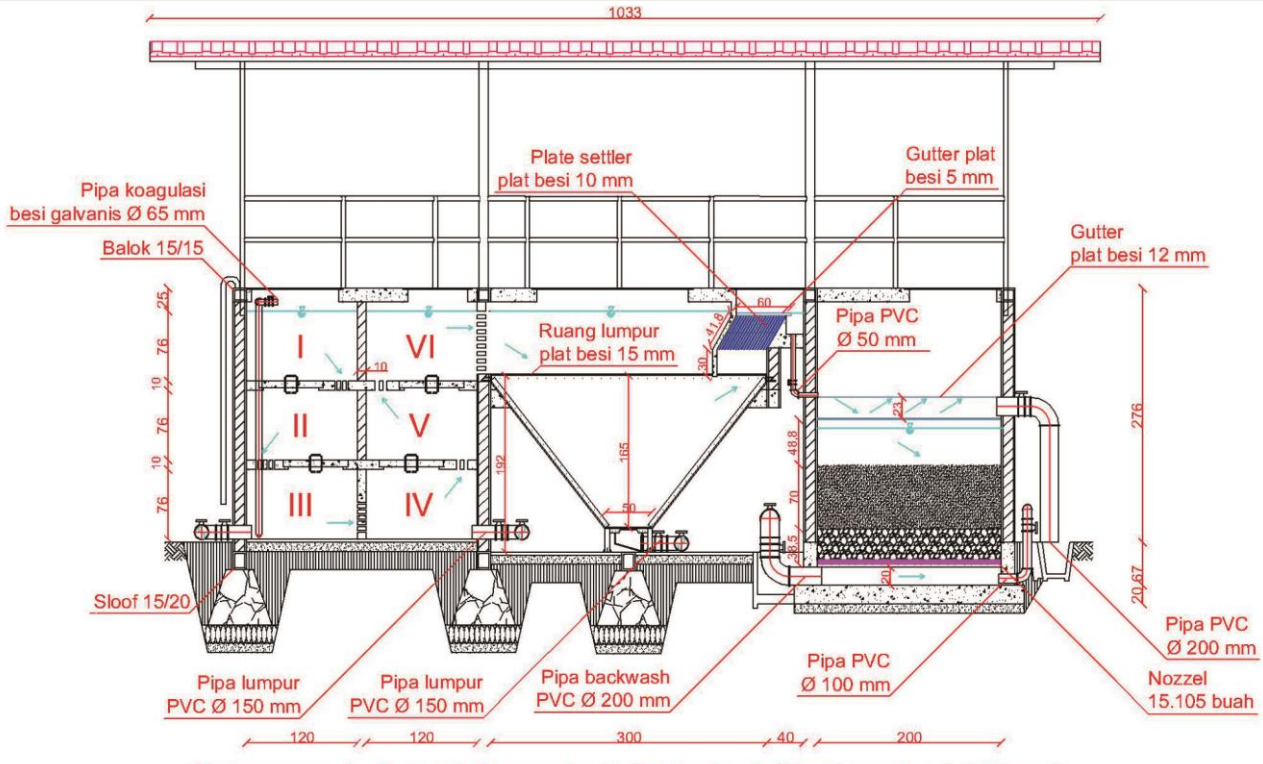
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Rumah Pompa & Intake		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 3



Denah Unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Denah Unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	4

d

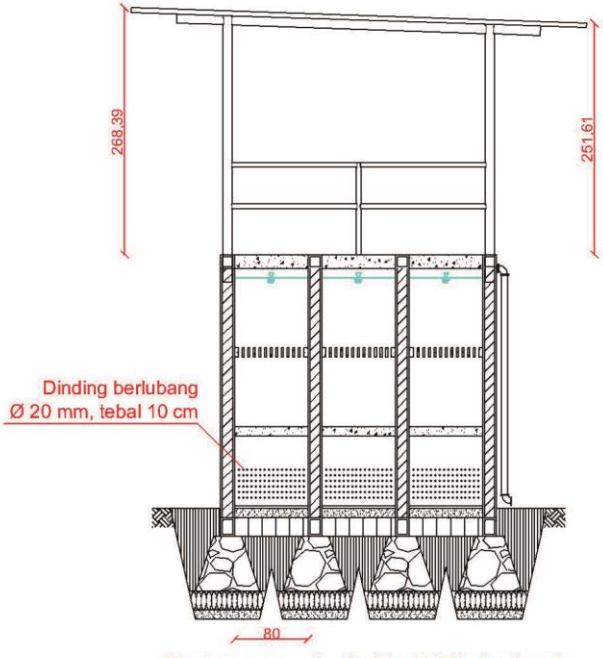


Potongan A-A Unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi

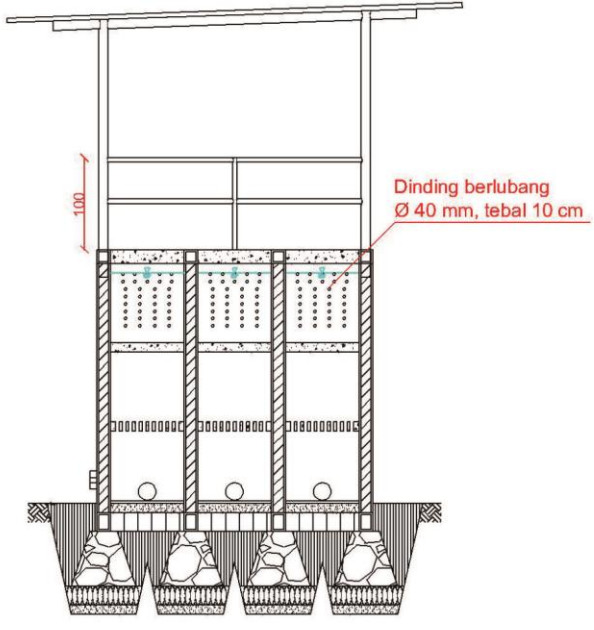
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali Media Kerikil	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Potongan A-A Unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 5

e



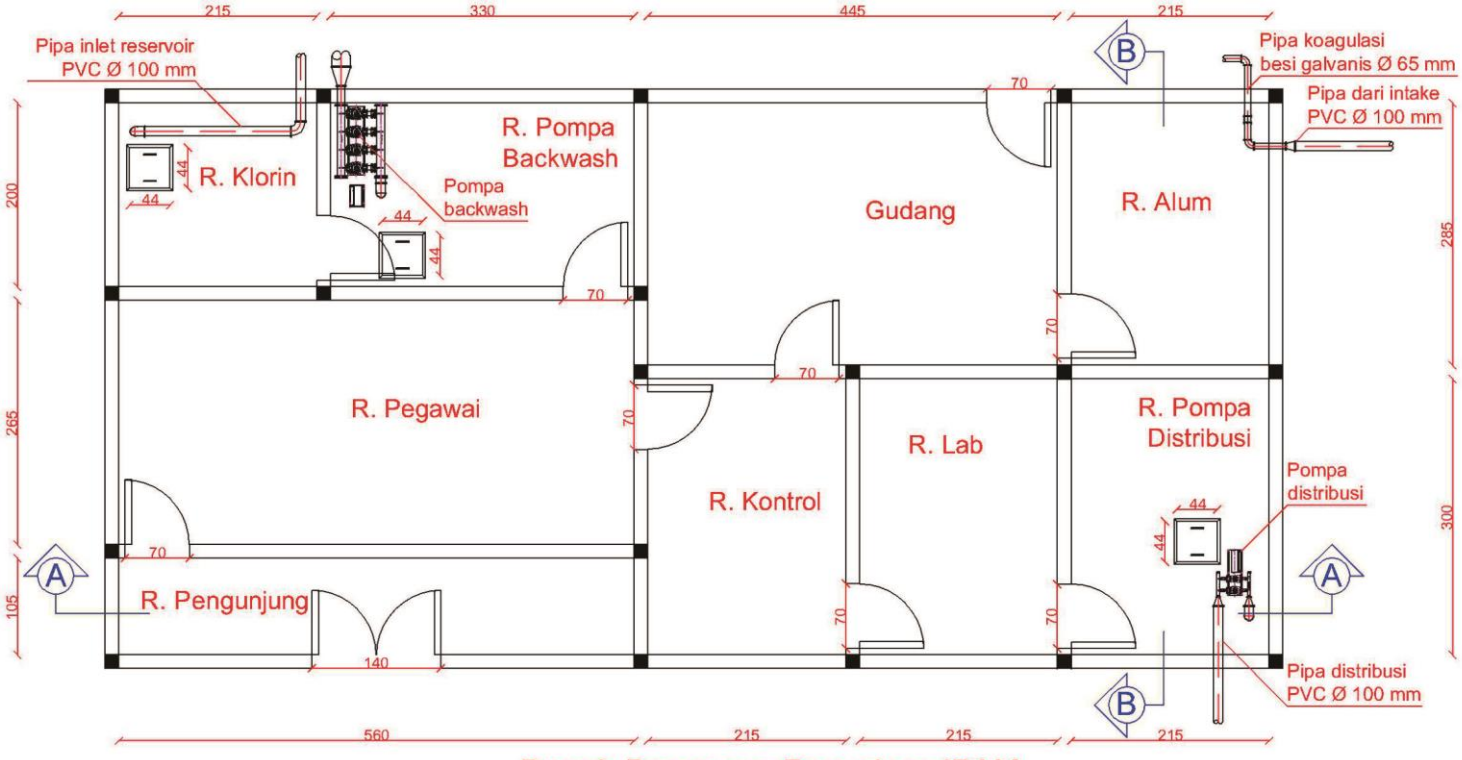
Potongan A-A Unit Flokulasi
Skala 1:80



Potongan A-A Unit Flokulasi
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Potongan B-B & C-C Unit Flokulasi		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 6

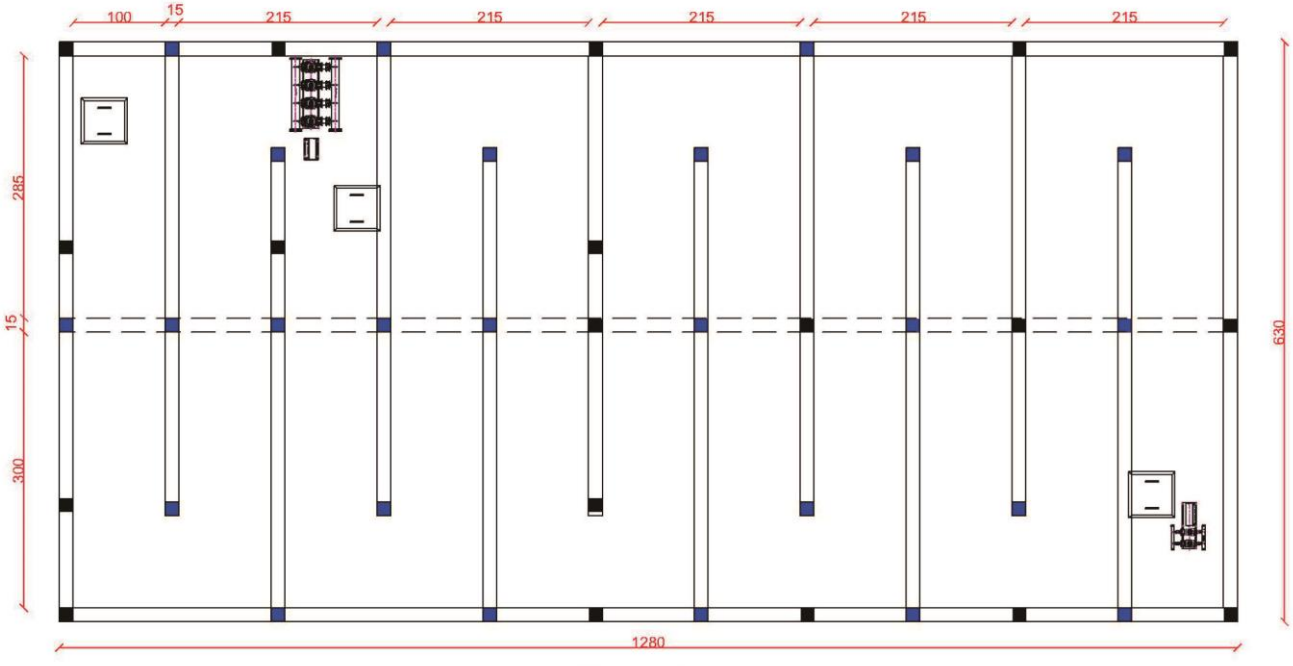
f



Denah Bangunan Penunjang IPAM

Skala 1:80

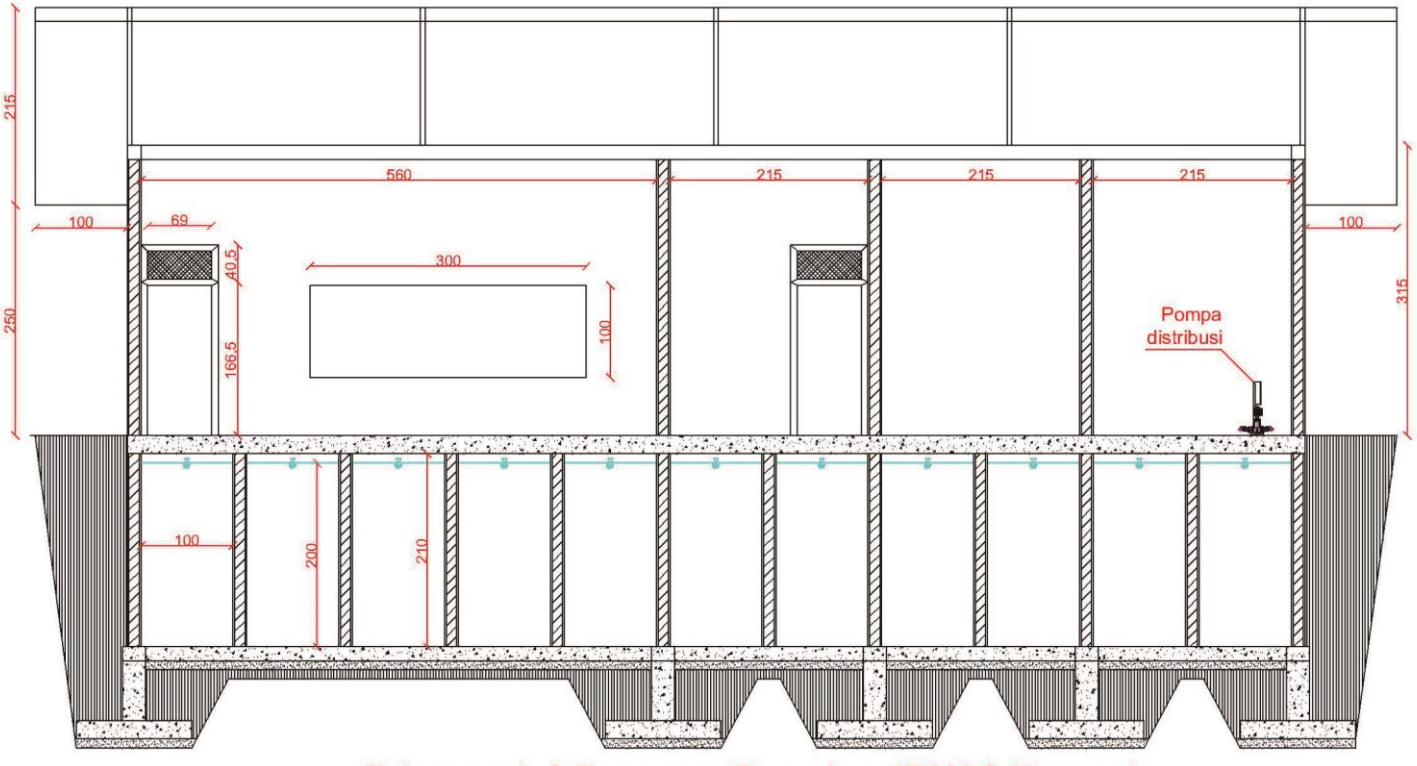
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Denah Bangunan Penunjang IPAM		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	7



Denah Reservoir
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	■ Kolom Sampai Rangka Atap	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR	■ Kolom Sampai Dasar Bangunan Penunjang IPAM	MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Denah Reservoir		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	8

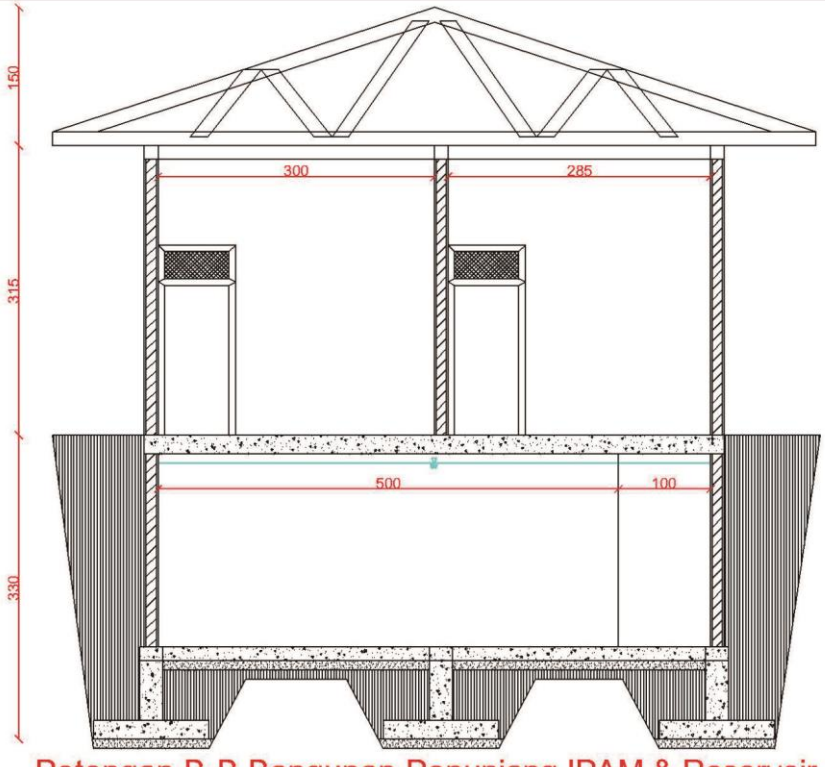
h



Potongan A-A Bangunan Penunjang IPAM & Reservoir

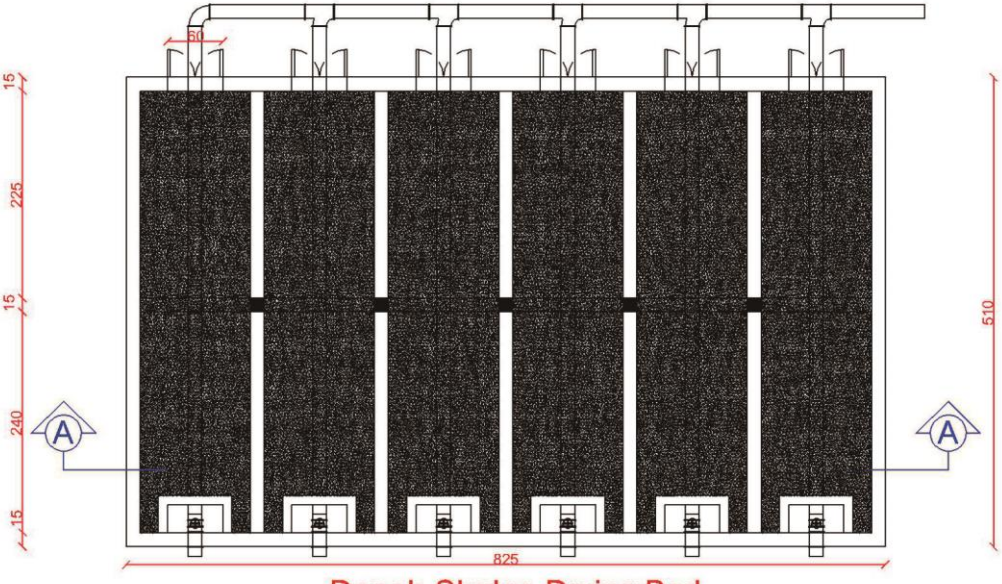
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Potongan A-A Bangunan Penunjang IPAM & Reservoir		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 9



Potongan B-B Bangunan Penunjang IPAM & Reservoir
Skala 1:80

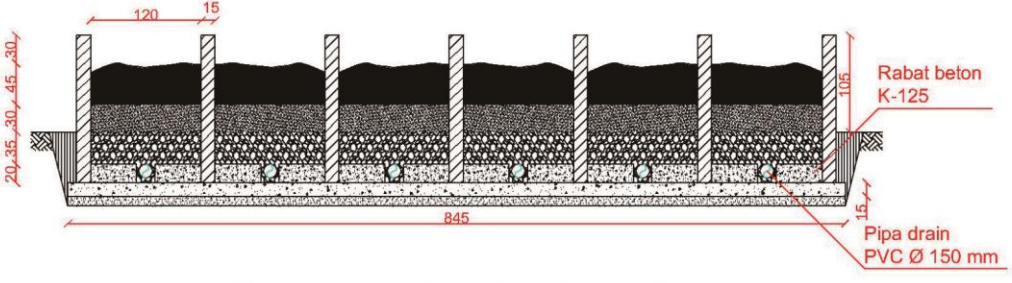
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Potongan B-B Bangunan Penunjang IPAM dan Reservoir		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 10



Denah Sludge Drying Bed
Skala 1:80

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Pasir	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Denah Sludge Drying Bed		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	11

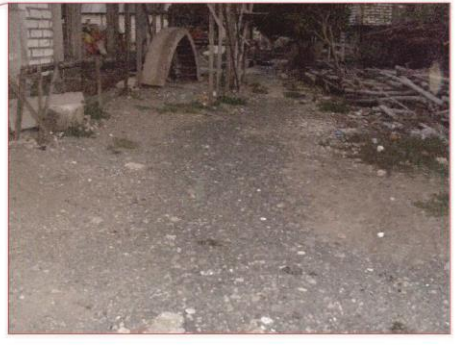
k

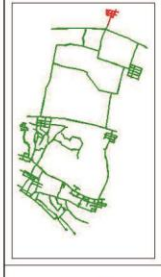


Potongan A-A Sludge Drying Bed
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Media Kerikil	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Potongan A-A Sludge Drying Bed		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 12

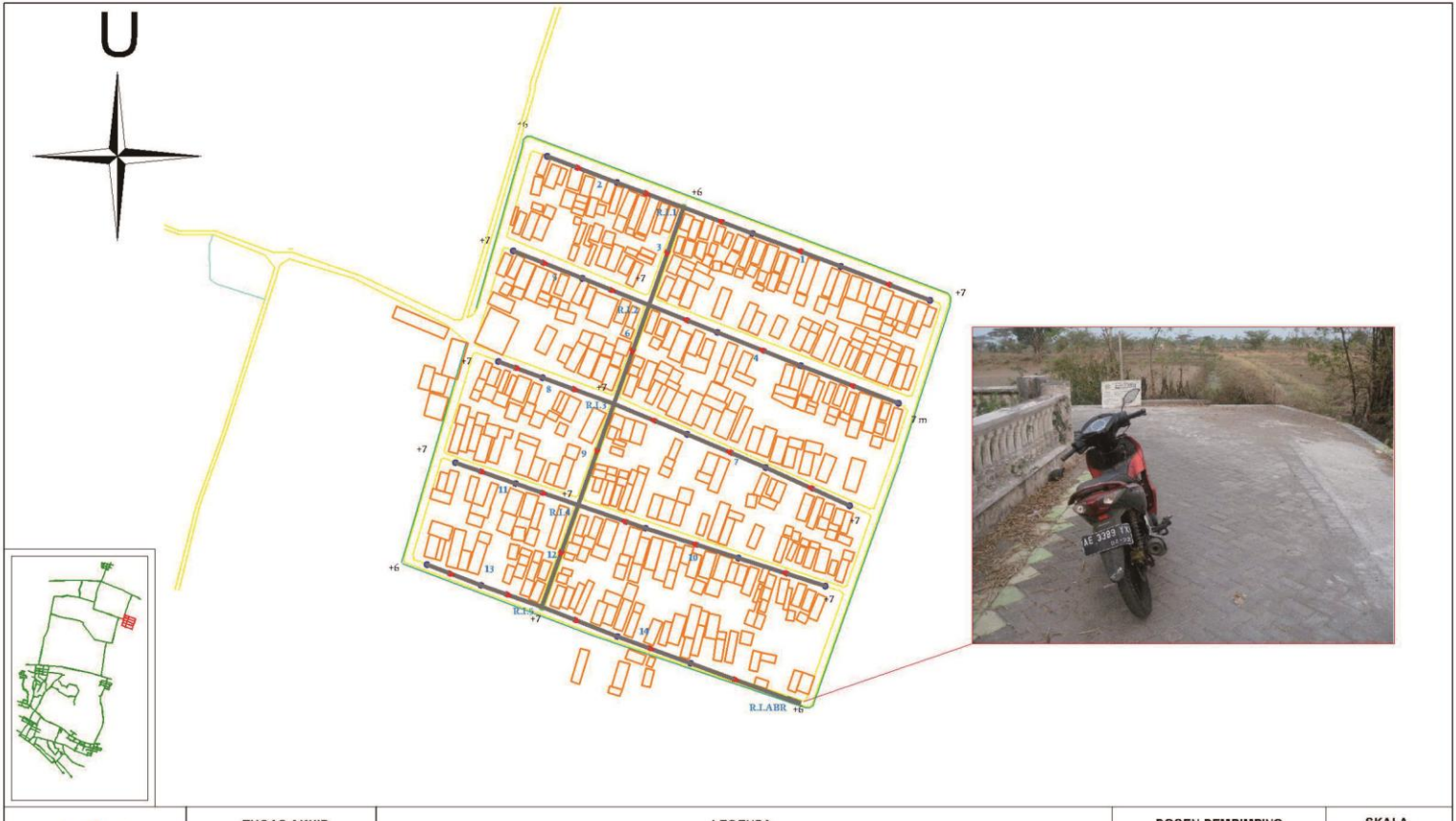
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Peta Pelayanan Air Limbah Domestik		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	13





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 2 Raci Wetan (R.II)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	14

n



	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 1 Raci Wetan (R.I)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	15

o

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 1 Sidorejo (S.I)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	16

p

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 2 Sidorejo (S.II)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	17

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR SPAL di RW. 1 Melirang (M.I.a)		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 18

r

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 1 Melirang (M.I.b)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	19

S

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 2 Melirang (M.II)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	20

t

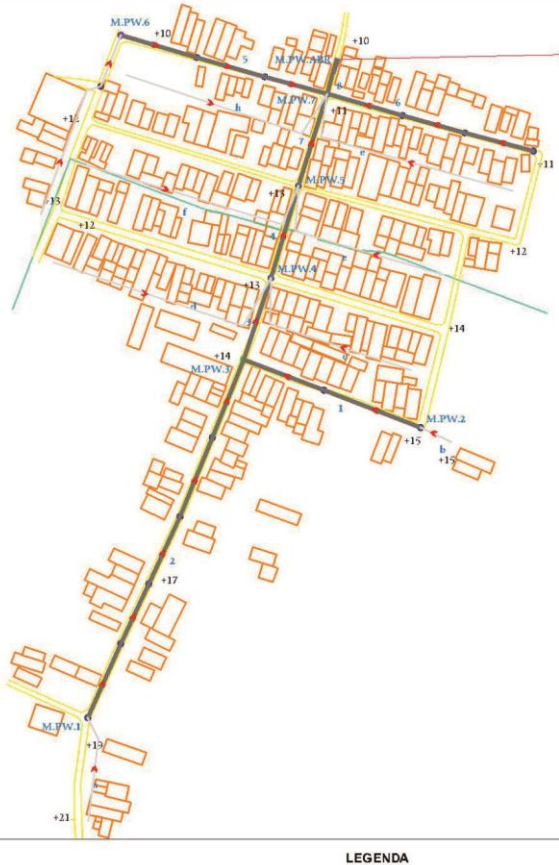
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik JUDUL GAMBAR SPAL di RW. 4 Melirang (M.IV)	LEGENDA Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001 MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	SKALA Tanpa skala NO. GAMBAR 21

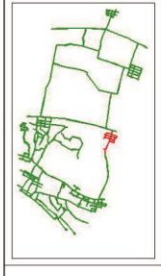
u

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 5 Melirang (M.V)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	22

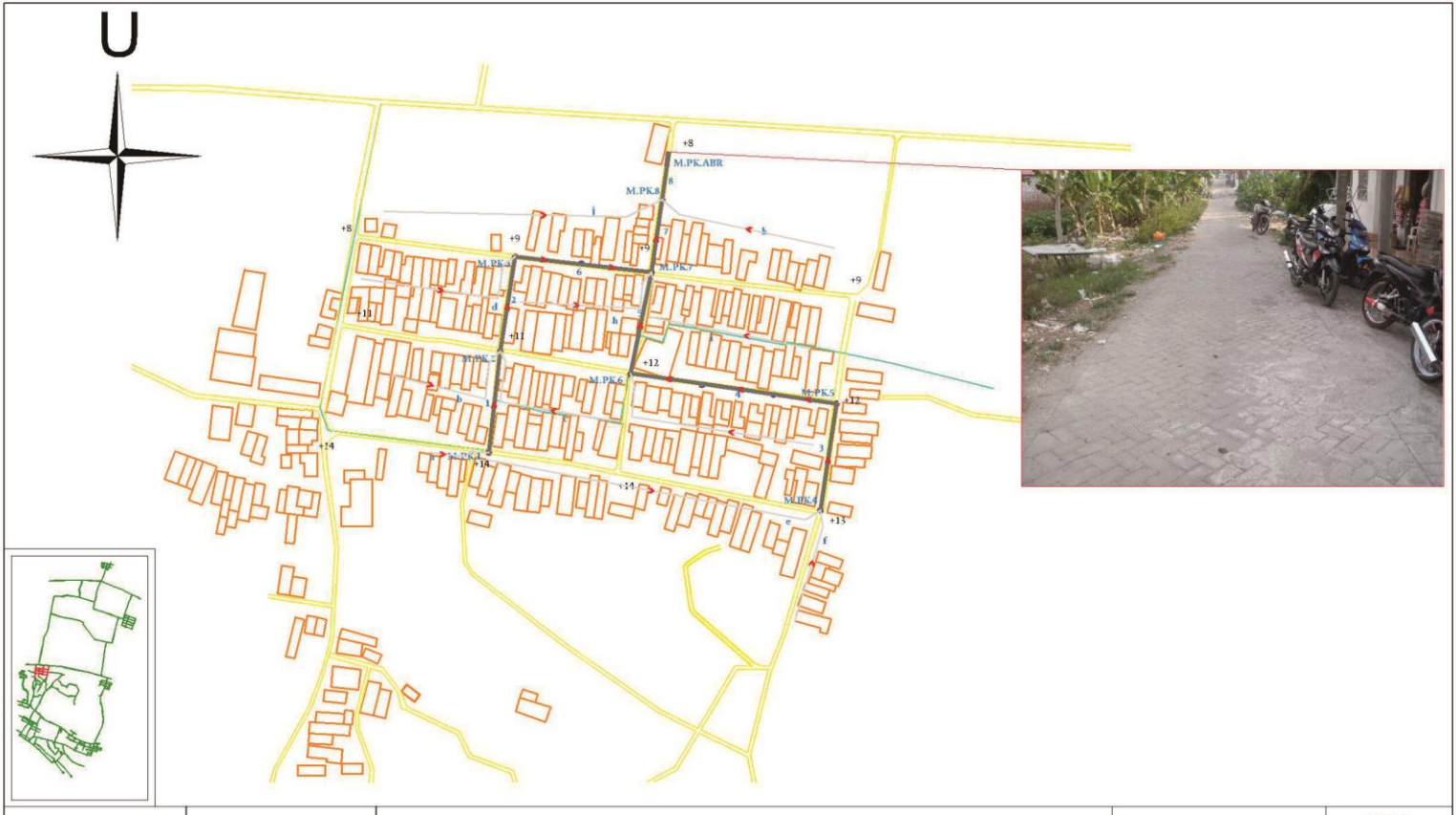
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR SPAL di RW. 6 Melirang (M.VI)		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 23

W





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR SPAL di RW. 7 & 8 Melirang (M.PW)		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 24

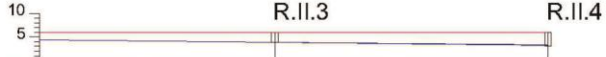


	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Manhole Lurus Manhole Terjunan Pipa Utama Manhole Belokan Manhole Kondisional Pipa Cabang Manhole Pertigaan IPAL Manhole Perempatan Arah Aliran	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	SPAL di RW. 9 & 10 Melirang (M.PK)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	25

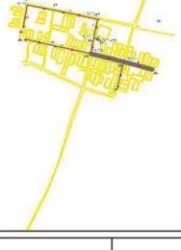
y

Jarak (m)	43		62		62		29		2,5		
Elevasi tanah (m)	+6	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+6	+6	+5	
Elevasi pipa (m)	+4,4	+3,4	+3,4	+ 2,78	+2,78	+2,16	+2,16	+1,87	+1,87	+5,25	
Diameter (mm)	75		75		75		75		50		

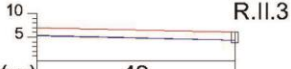
	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.II (1)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	26



Jarak (m)	50		58	
Elevasi tanah (m)	+6	+6	+6	+6
Elevasi pipa (m)	+4,4	+3,9	+3,9	+3,32
Diameter (mm)	75		75	



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.II (2)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	27

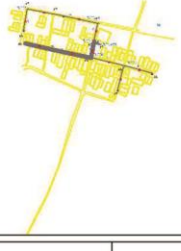


Jarak (m)	42	
Elevasi tanah (m)	+7	+6
Elevasi pipa (m)	+5,4	+4,4
Diameter (mm)	75	

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.II (3)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	28

bb

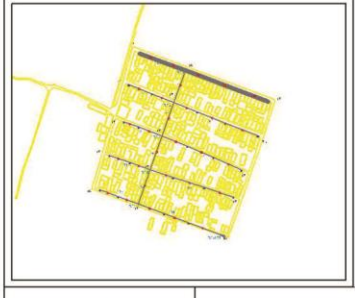
Jarak (m)	60		60		29	
Elevasi tanah (m)	+6	+6	+6	+6	+6	+6
Elevasi pipa (m)	+4,4	+3,8	+3,8	+3,2	+3,2	+2,91
Diameter (mm)	75		75		75	



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.II (4)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	29

R.II.1

Jarak (m)	49	49	50	50	50
Elevasi tanah (m)	+6 +6	+5 +5	+5 +6,33	+6,33 +6,67	+6,67 +7
Elevasi pipa (m)	+5,2 +4,71	+4,71 +4,22	+4,7 +5,2	+5,2 +5,7	+5,7 +6,2
Diameter (mm)	75	75	75	75	75

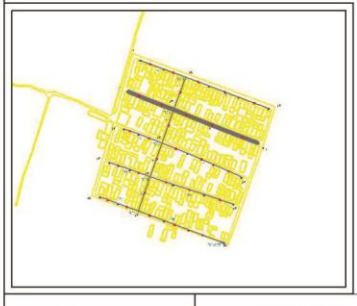


DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.I (1)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	30

dd

R.II.2

Jarak (m)	42	42	50	50	50
Elevasi tanah (m)	+7 +7	+7 +7	+7 +7	+7 +7	+7 +7
Elevasi pipa (m)	+6,2 +5,78	+5,78 +5,36	+4,7 +5,2	+5,2 +5,7	+5,7 +6,2
Diameter (mm)	75	75	75	75	75



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.I (2)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	31

ee

R.I.3

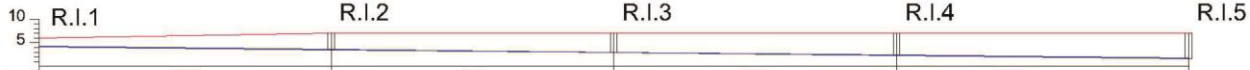
Jarak (m)	37	37	50	50	50
Elevasi tanah (m)	+7 +7	+7 +7	+7 +7	+7 +7	+7 +7
Elevasi pipa (m)	+6,2 +5,83	+5,83 +5,46	+4,7 +5,2	+5,2 +5,7	+5,7 +6,2
Diameter (mm)	75	75	75	75	75

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.I (3)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	32

ff

Jarak (m)	36	36	54	53	53
Elevasi tanah (m)	+7 +7	+7 +7	+7 +7	+7 +7	+7 +7
Elevasi pipa (m)	+6,2 +5,84	+5,84 +5,48	+4,6 +5,14	+5,14 +5,67	+5,67 +6,2
Diameter (mm)	75	75	75	75	75

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.I (4)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	33

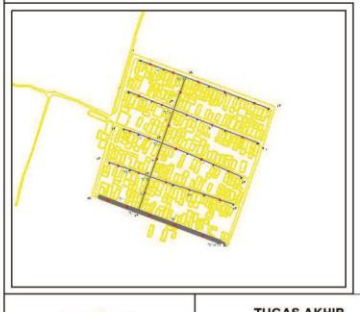


Jarak (m)		62			60			60		62
Elevasi tanah (m)	+6		+7	+7		+7	+7		+7	+7
Elevasi pipa (m)	+4,22		+3,6	+3,6		+3	+3		+2,4	+2,4	+1,78
Diameter (mm)		75			75			75		100

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.I (5)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	34

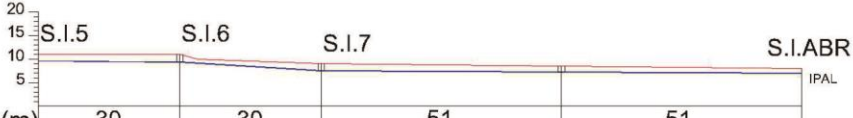
hh

Jarak (m)	35	35	47	47	46	0,5
Elevasi tanah (m)	+6 +6,5	+6,5 +7	+7 +6,66	+6,66 +6,33	+6,33 +6	+6 +6
Elevasi pipa (m)	+5,2 +4,85	+4,85 +4,5	+1,78 +1,31	+1,31 +0,84	+0,84 +0,38	+0,38 +5,75
Diameter (mm)	75	75	100	100	100	100



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL R.I (6)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	35

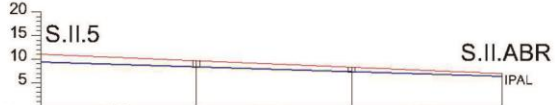
Jarak (m)	39		53		53		55		55	
Elevasi tanah (m)	+16	+15	+15	+13	+13	+11	+11	+11	+11	+11
Elevasi pipa (m)	+15,4	+14,4	+12,72	+12,35	+12,35	+10,39	+10,39	+10,01	+10,01	+9,63
Diameter (mm)	100		100		100		100		100	



Jarak (m)	30		30		51		51	
Elevasi tanah (m)	+11	+11	+10	+9	+9	+8,5	+8,5	+8
Elevasi pipa (m)	+9,63	+9,4	+9,4	+7,56	+7,56	+7,28	+7,28	+7
Diameter (mm)	100		100		100		100	

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL S.I		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	36

Jarak (m)	38		46		46		46		46	
Elevasi tanah (m)	+17	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+11
Elevasi pipa (m)	+13,95	+11,19	+11,19	+10,88	+10,88	+10,56	+10,56	+10,24	+10,24	+9,4
Diameter (mm)	100		100		100		100		100	



Jarak (m)	33		33		32	
Elevasi tanah (m)	+11	+9,65	+9,65	+8,31	+8,31	+7
Elevasi pipa (m)	+9,4	+8,39	+8,39	+7,38	+7,38	+6,4
Diameter (mm)	100		100		100	

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL S.II (1)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	37

kk

Jarak (m)	38		38	
Elevasi tanah (m)	+15	+14	+14	+13
Elevasi pipa (m)	+14,4	+13,4	+13,4	+2,4
Diameter (mm)	100		100	

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL S.II (2)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	38

Jarak (m)		90		60		65		36
Elevasi tanah (m)	+13		+12	+12	+10	+10	+9	+9	+8
Elevasi pipa (m)	+12,4		+11,4	+10,5	+9,4	+9,37	+8,21	+8,21	+7,06
Diameter (mm)		100		100		100		100

Jarak (m)		85	
Elevasi tanah (m)	+8		+8
Elevasi pipa (m)	+7,05		+6,47
Diameter (mm)		100	

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.I.a		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	39

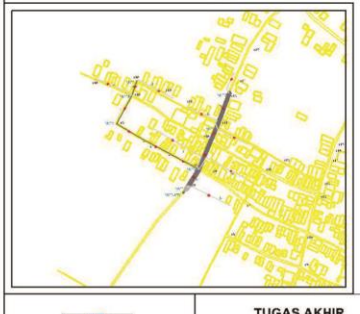
mm

Jarak (m)	56		67		20		
Elevasi tanah (m)	+11	+9	+9	+8	+8	+8	
Elevasi pipa (m)	+10,21	+8,4	+8,4	+7,4	7,4	6,71	
Diameter (mm)	100		100		100		

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.I.b		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	40

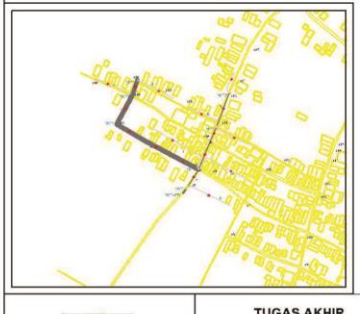
nn

Jarak (m)	85		83		30	
Elevasi tanah (m)	+12	+11	+11	+8	+8	+7
Elevasi pipa (m)	+11,4	+10,01	+10,01	+6,3	+6,3	+5,8
Diameter (mm)	100		100		100	



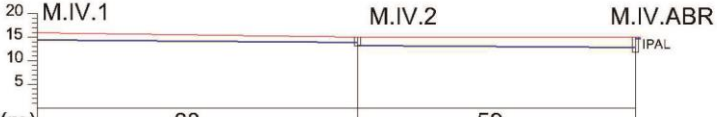
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.II (1)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	41

Jarak (m)	32		55		53		53		54	
Elevasi tanah (m)	+10	+10	+10	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+8
Elevasi pipa (m)	+9,03	+8,81	+8,81	+7,4	+7,4	+7,04	+7,04	+6,67	+6,67	+6,3
Diameter (mm)	100		100		100		100		100	

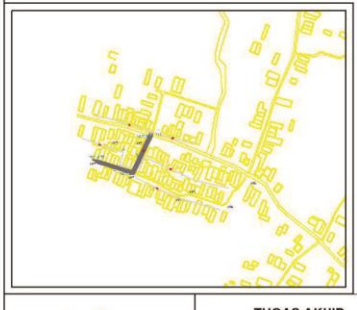


DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.II (2)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	42

pp

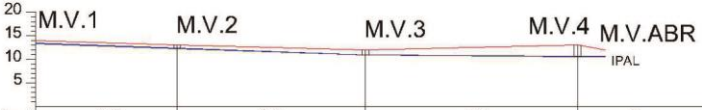


Jarak (m)	68		59	
Elevasi tanah (m)	+16	+15	+15	+15
Elevasi pipa (m)	+14,43	+13,97	+13,29	+12,88
Diameter (mm)	100		100	



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.IV		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	43

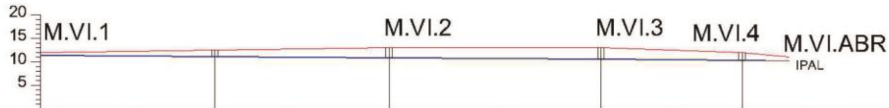
qq



Jarak (m)	30		40		45	6	
Elevasi tanah (m)	+14	+13	+13	+12	+12	+13	+13	+12
Elevasi pipa (m)	+13,4	+12,4	+12,4	+10,99	+10,99	+10,68	+10,68	+10,64
Diameter (mm)	100		100		100	100	

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.V		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	44

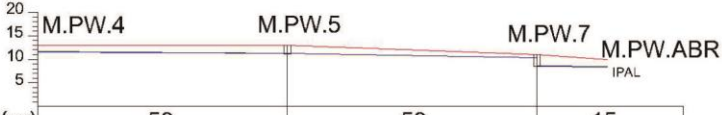
rr



Jarak (m)	37		37		45		30		10	
Elevasi tanah (m)	+12	+12,5	+12,5	+13	+13	+13	+13	+12	+12	+11
Elevasi pipa (m)	+11,4	+11,59	+11,59	+10,92	+10,92	+10,61	+10,61	+10,4	+10,4	+10,33
Diameter (mm)	100		100		100		100		100	

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.VI		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	45

Jarak (m)	41	41	41	41	41	51
Elevasi tanah (m)	+19 +18	+18 +17	+17 +16	+16 +15	+15 +14	+14 +13
Elevasi pipa (m)	+18,4 +17,4	+17,4 +16,4	+16,4 +15,4	+15,4 +14,4	+14,4 +13,4	+13,4 +12,4
Diameter (mm)	100	100	100	100	100	100

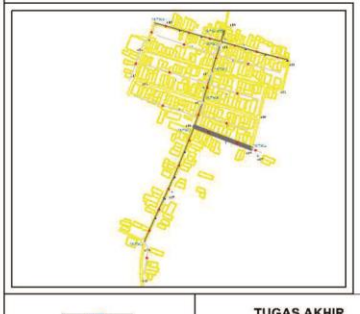


Jarak (m)	53	53	15
Elevasi tanah (m)	+13 +13	+13 +11	+11 +10
Elevasi pipa (m)	+11,57 +11,21	+11,21 +10,4	+8,57 +8,49
Diameter (mm)	100	100	125

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.PW (1)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	46

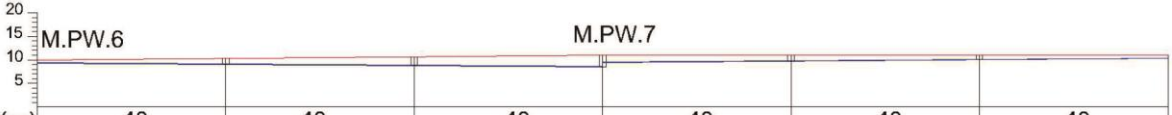
tt

Jarak (m)	44		44	
Elevasi tanah (m)	+15	+14,5	+14,5	+15
Elevasi pipa (m)	+14,19	+13,89	+13,89	+13,59
Diameter (mm)	100		100	



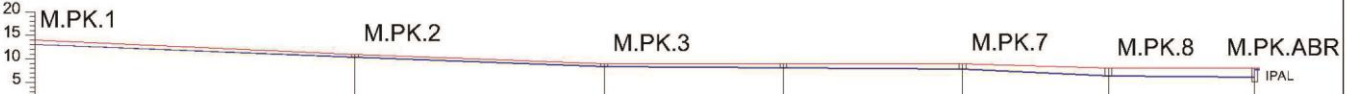
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.PW (2)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	47

uu



Jarak (m)	40	40	40	40	40	40
Elevasi tanah (m)	+10 +10,33	+10,33 +10,67	+10,67 +11	+11 +11	+11 +11	+11 +11
Elevasi pipa (m)	+9,4 +9,12	+9,12 +8,85	+8,85 +8,57	+9,85 +9,57	+10,12 +9,85	+10,4 +9,85
Diameter (mm)	100	100	100	100	100	100

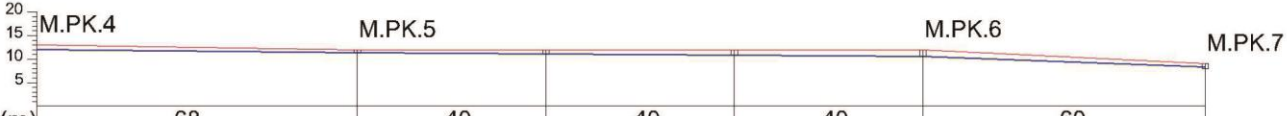
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.PW (3)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	48



Jarak (m)	68	53	38	38	31	31
Elevasi tanah (m)	+14 +11	+11 +9	+9 +9	+9 +9	+9 +8	+8 +8
Elevasi pipa (m)	+13,12 +10,4	+10,4 +8,4	+8,4 +8,14	+8,14 +7,88	+7,88 +6,43	+6,43 +6,22
Diameter (mm)	100	100	100	100	100	100

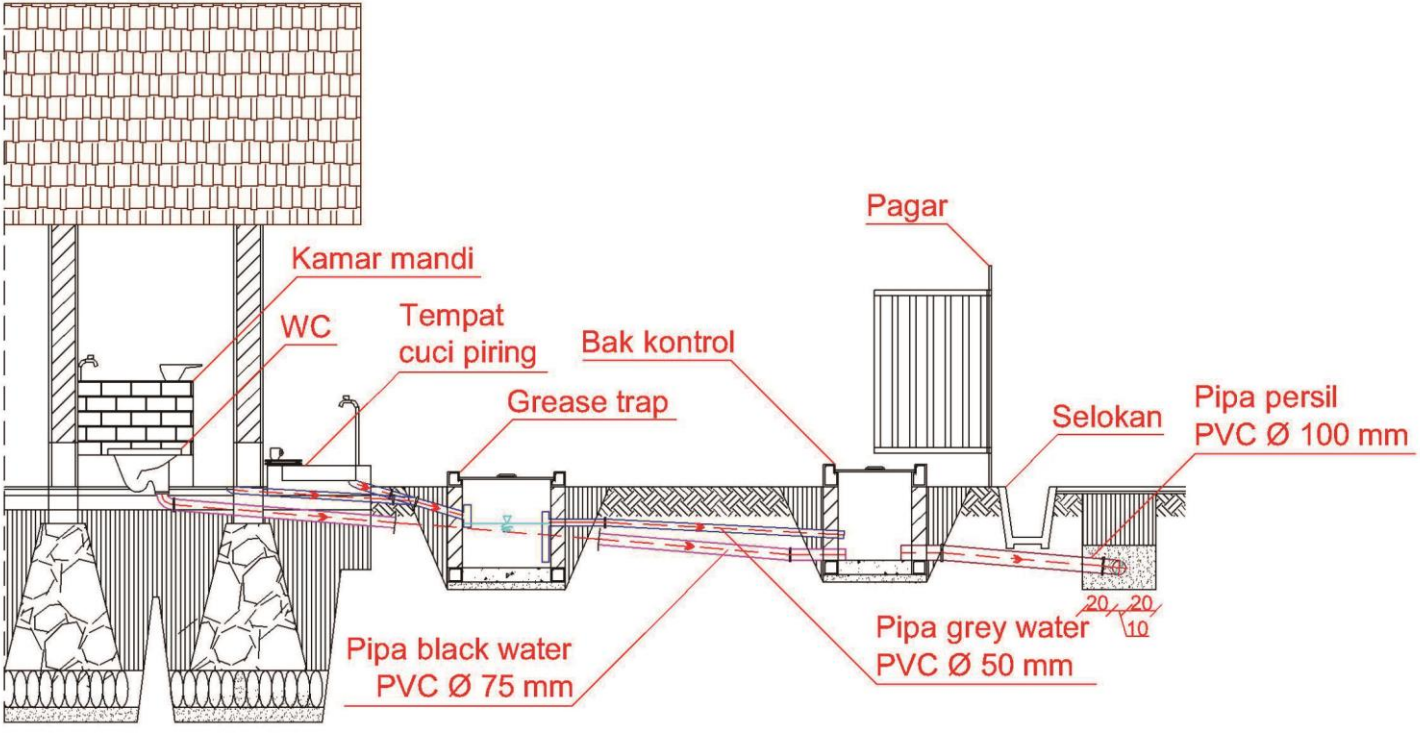
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.PK (1)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	49

ww



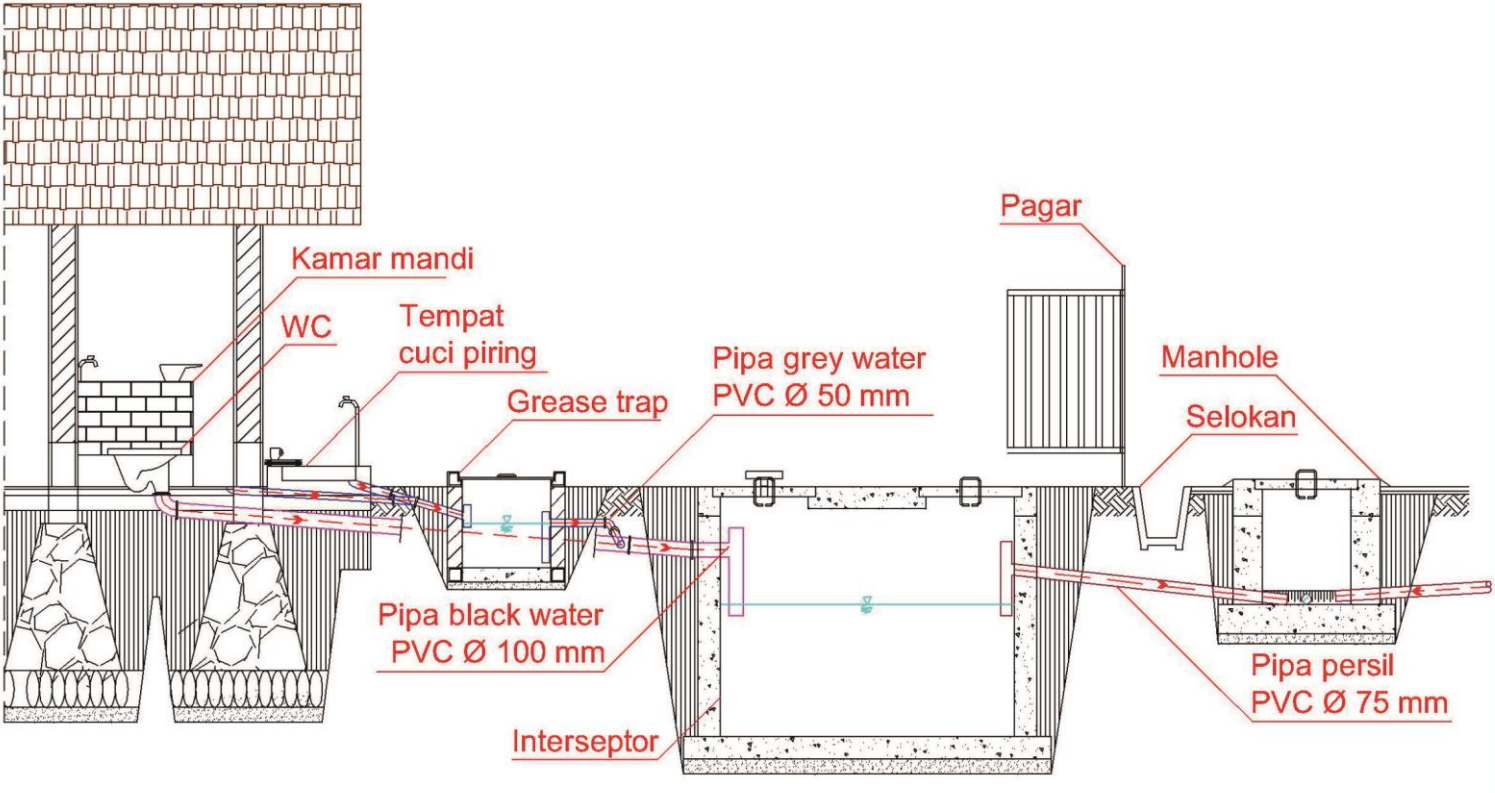
Jarak (m)	68	40	40	40	60
Elevasi tanah (m)	+13 +12	+12 +12	+12 +12	+12 +12	+12 +9
Elevasi pipa (m)	+12,04 +11,4	+11,4 +11,12	+11,12 +10,85	+10,85 +10,57	+10,57 +8,4
Diameter (mm)	100	100	100	100	100

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik		ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Profil Hidrolis SPAL M.PK (2)		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	50

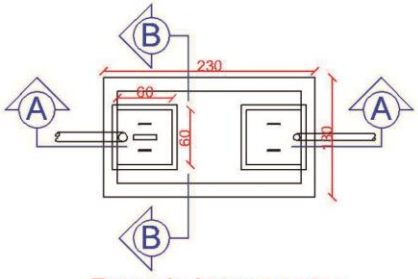


DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali Pipa Grey Water Pipa Black Water Pipa Persil	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA Tanpa skala
	JUDUL GAMBAR Tipikal Shallow Sewer		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 51

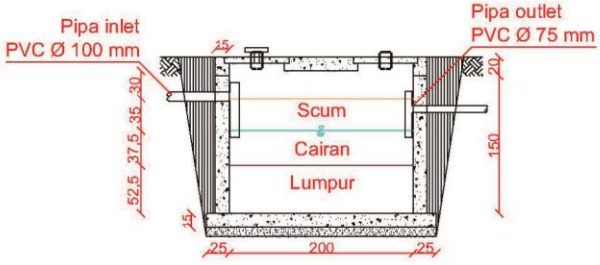
yy



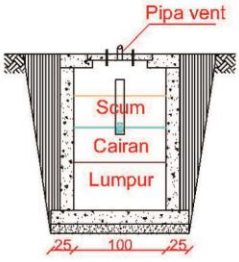
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali Pipa Grey Water Pipa Black Water Pipa Persil	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Tipikal Smallbore Sewer		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 52



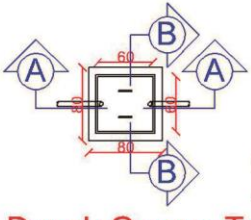
Denah Interseptor
Skala 1:80



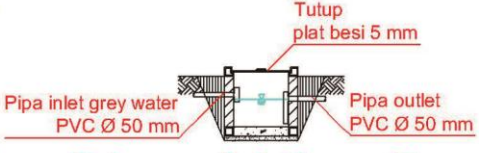
Potongan A-A Interseptor
Skala 1:80



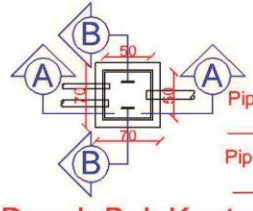
Potongan B-B Interseptor
Skala 1:80



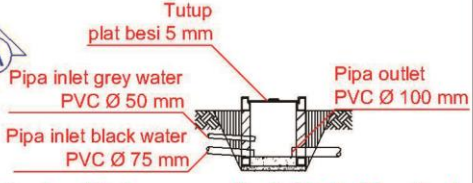
Denah Grease Trap
Skala 1:80



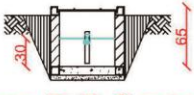
Potongan A-A Grease Trap
Skala 1:80



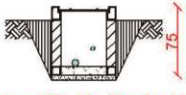
Denah Bak Kontrol
Skala 1:80



Potongan A-A Bak Kontrol
Skala 1:80

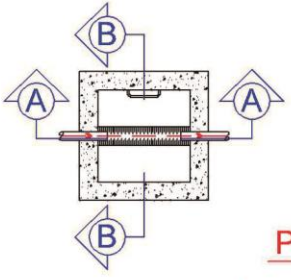


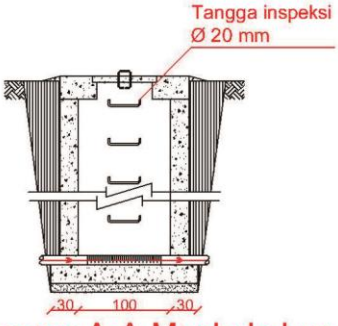
Potongan B-B Grease Trap
Skala 1:80



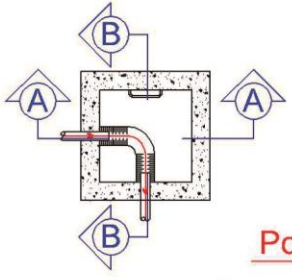
Potongan B-B Bak Kontrol
Skala 1:80

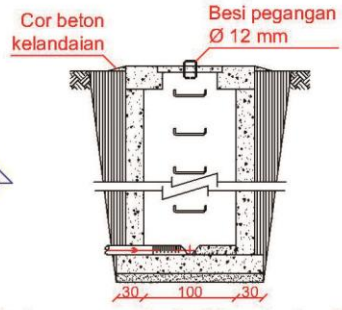
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik JUDUL GAMBAR Interseptor, Grease Trap, dan Bak Kontrol	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001 MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	SKALA 1:80 NO. GAMBAR 53



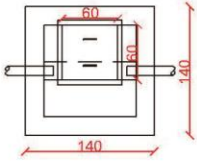


Potongan A-A Manhole Lurus
Skala 1:80

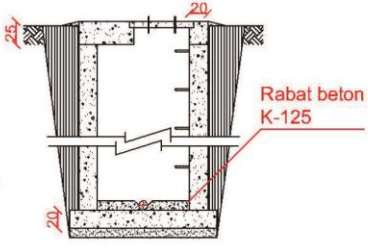




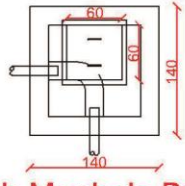
Potongan A-A Manhole Belokan
Skala 1:80



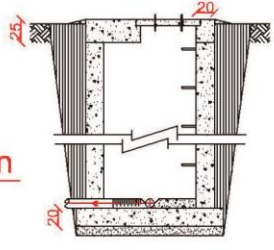
Denah Manhole Lurus
Skala 1:80



Potongan B-B Manhole Lurus
Skala 1:80



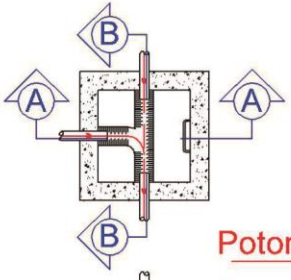
Denah Manhole Belokan
Skala 1:80

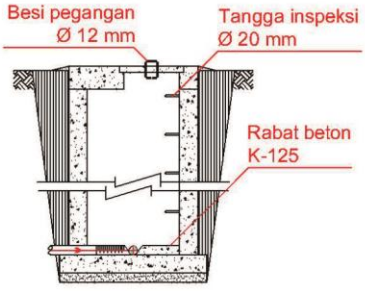


Potongan B-B Manhole Belokan
Skala 1:80

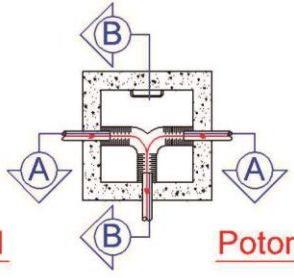
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR Manhole Lurus & Belokan		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 54

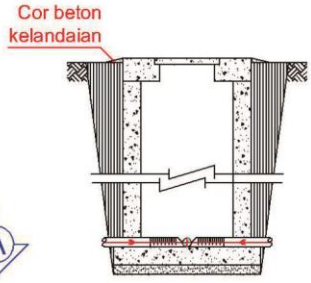
bbb



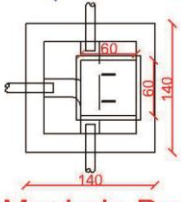


Potongan A-A Manhole Pertigaan 1
Skala 1:80

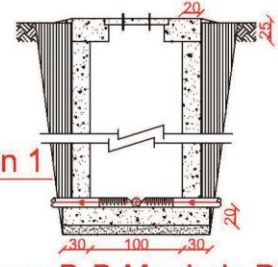




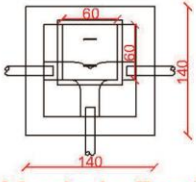
Potongan A-A Manhole Pertigaan 2
Skala 1:80



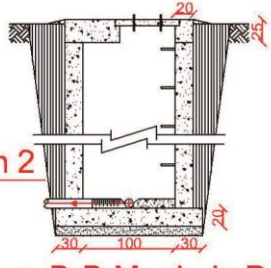
Denah Manhole Pertigaan 1
Skala 1:80



Potongan B-B Manhole Pertigaan 1
Skala 1:80

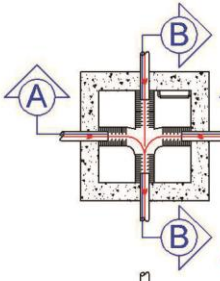


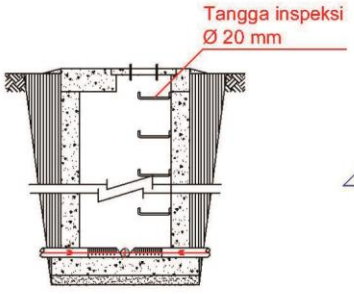
Denah Manhole Pertigaan 2
Skala 1:80



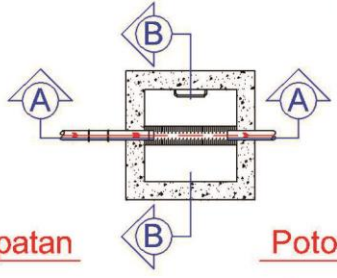
Potongan B-B Manhole Pertigaan 2
Skala 1:80

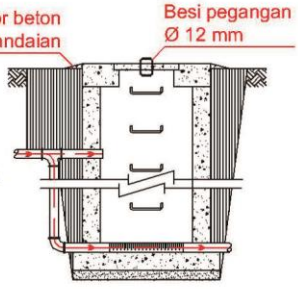
	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Manhole Pertigaan		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	55



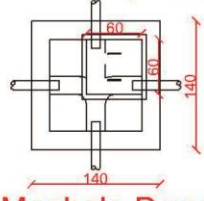


Potongan A-A Manhole Perempatan
Skala 1:80

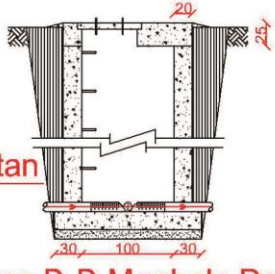




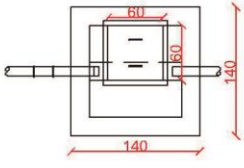
Potongan A-A Manhole Terjunan
Skala 1:80



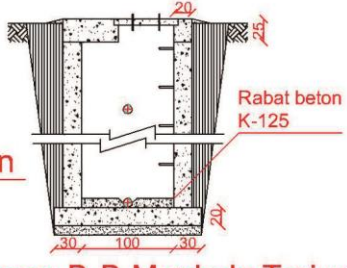
Denah Manhole Perempatan
Skala 1:80



Potongan B-B Manhole Perempatan
Skala 1:80



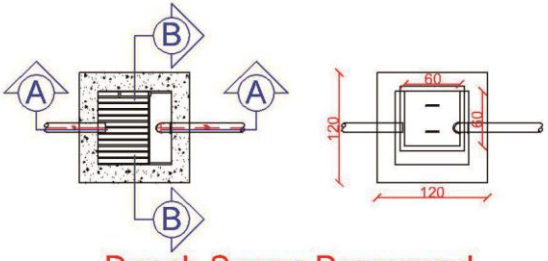
Denah Manhole Terjunan
Skala 1:80



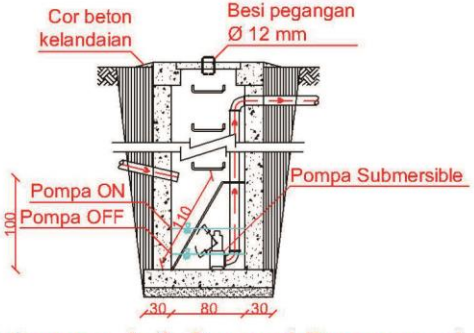
Potongan B-B Manhole Terjunan
Skala 1:80

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Manhole Perempatan & Tejunan		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	56

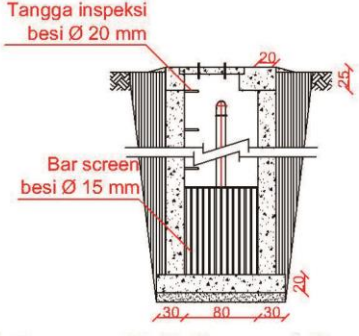
ddd



Denah Sumur Pengumpul
Skala 1:80



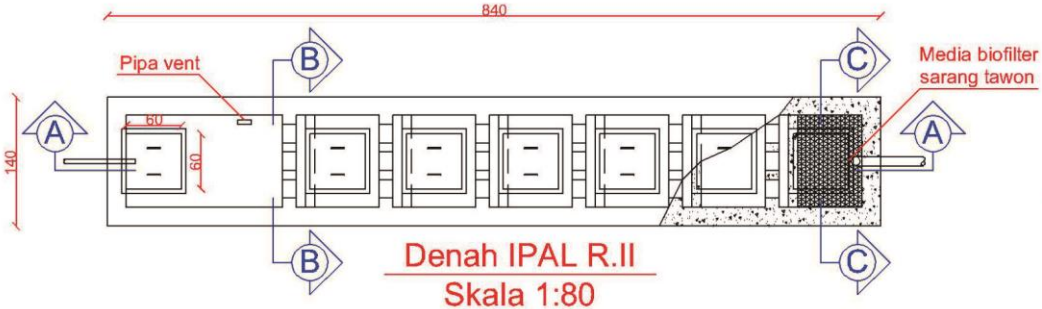
Potongan A-A Sumpul Pengumpul
Skala 1:80



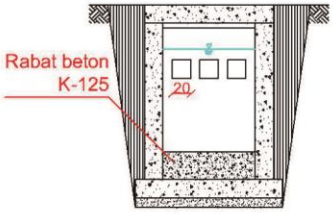
Potongan B-B Sumpul Pengumpul
Skala 1:80

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	Sumur Pengumpul		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	57

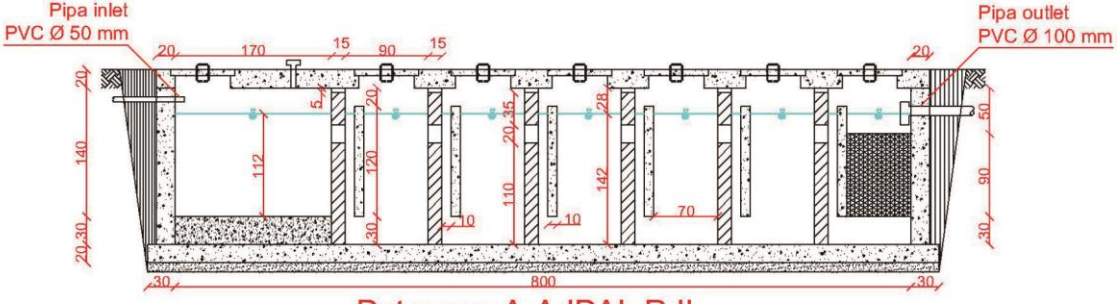
eee



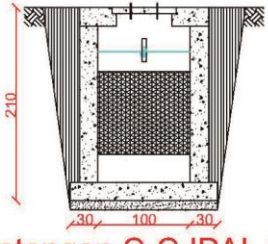
Denah IPAL R.II
Skala 1:80



Potongan B-B IPAL R.II
Skala 1:80



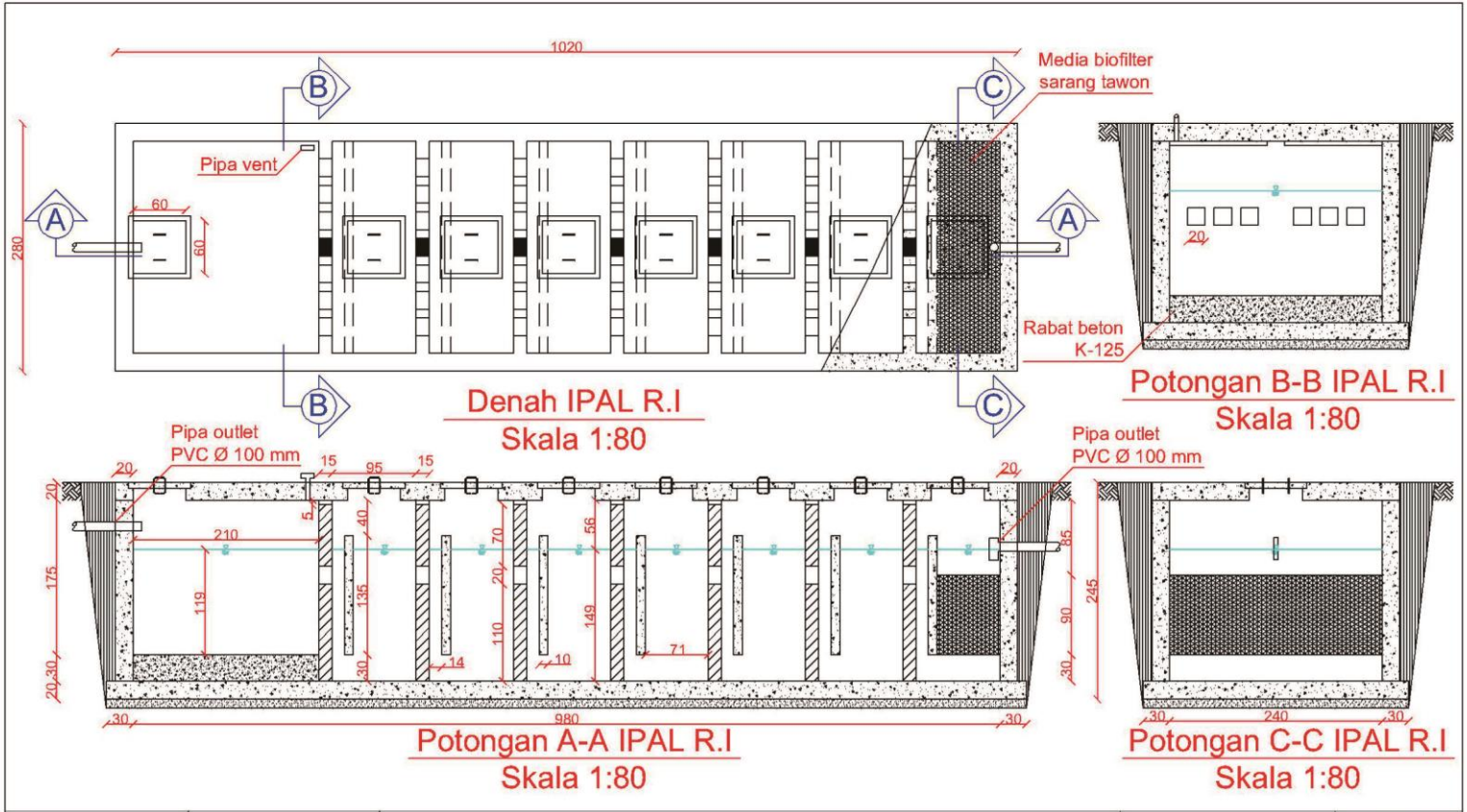
Potongan A-A IPAL R.II
Skala 1:80



Potongan C-C IPAL R.II
Skala 1:80

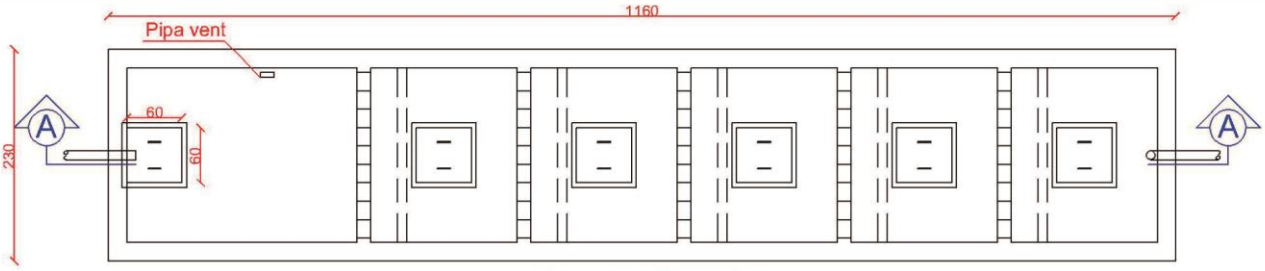
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali Media Biofilter	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL R.II		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 58

fff

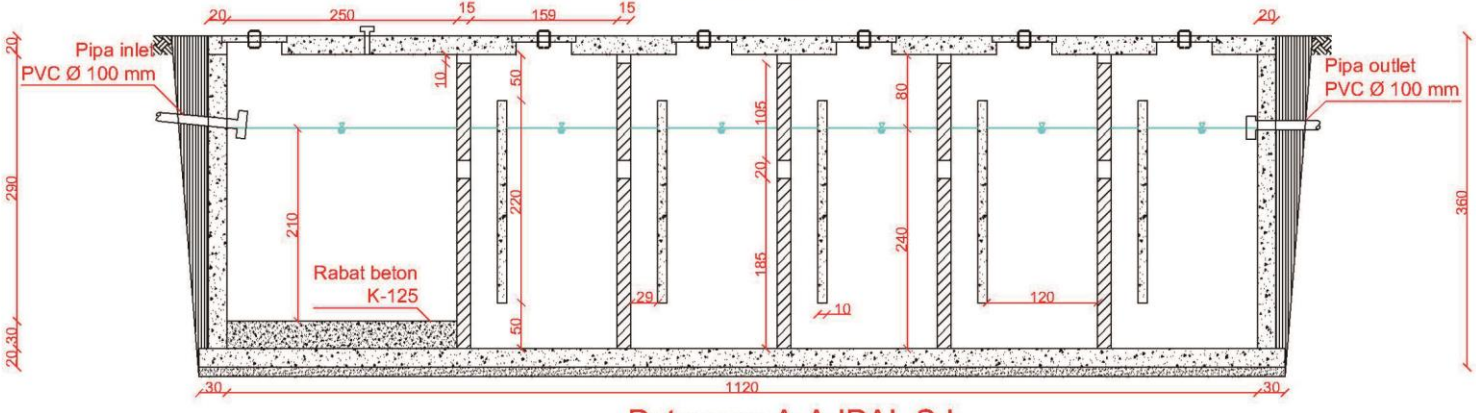


DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali Media Biofilter	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL R.I		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 59

ggg



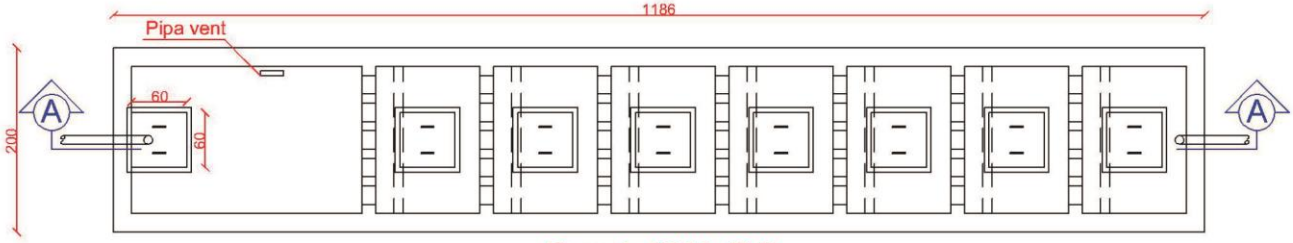
Denah IPAL S.I
Skala 1:80



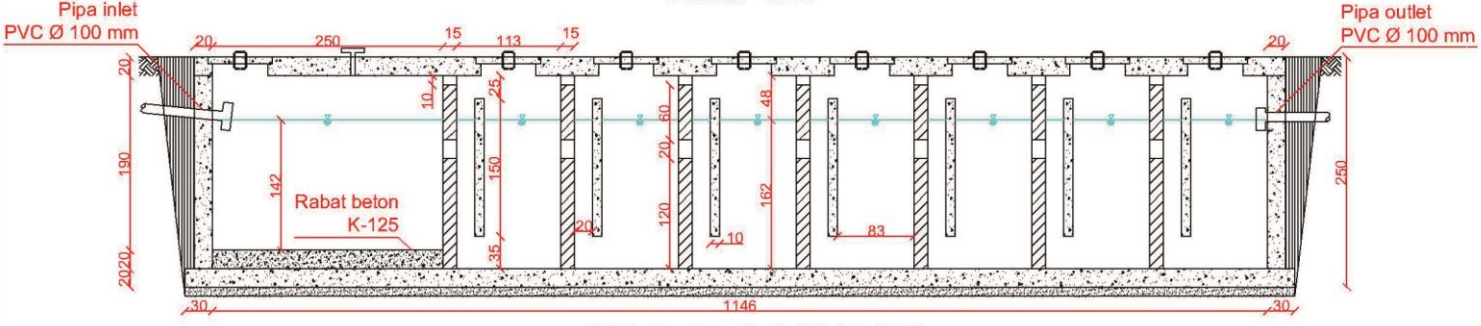
Potongan A-A IPAL S.I
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik JUDUL GAMBAR IPAL S.I	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001 MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	SKALA 1:80 NO. GAMBAR 60

hhh

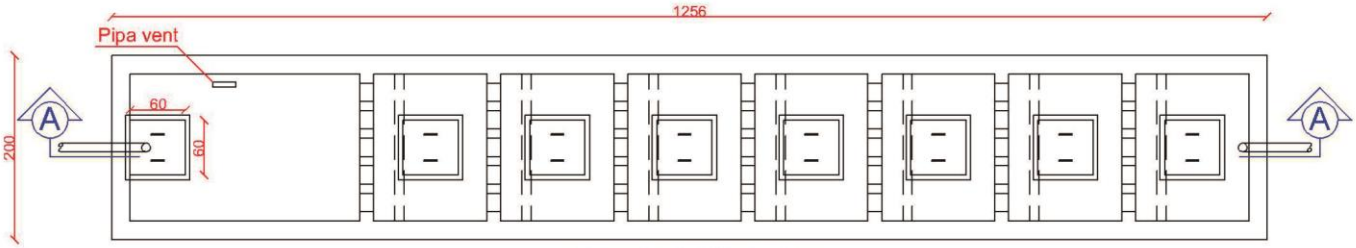


Denah IPAL S.II
Skala 1:80

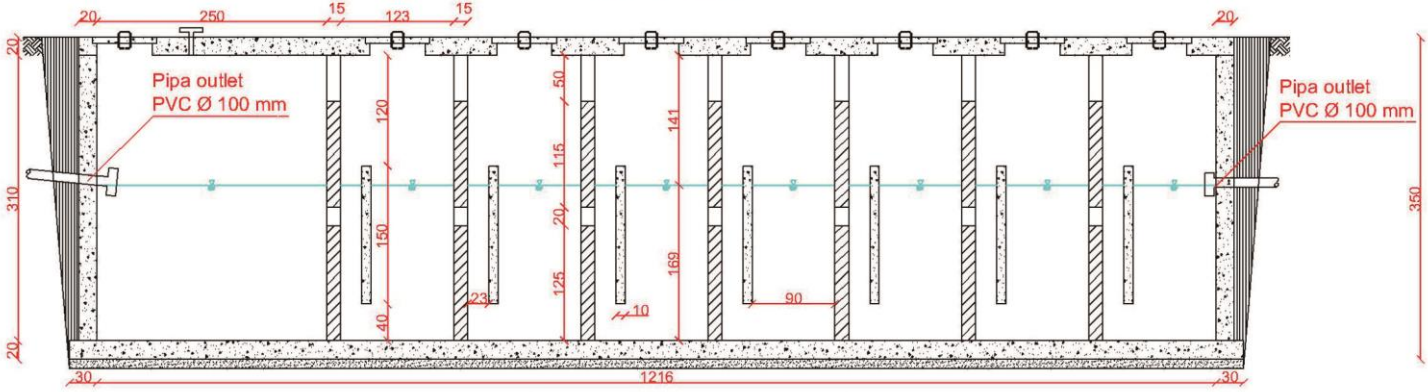


Potongan A-A IPAL S.II
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL S.II		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 61

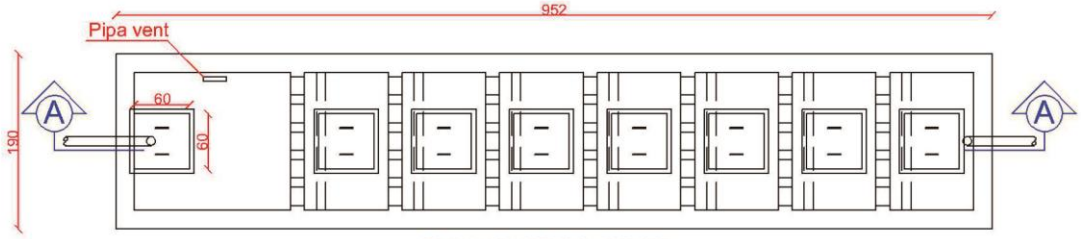


Denah IPAL M.I.a
Skala 1:80

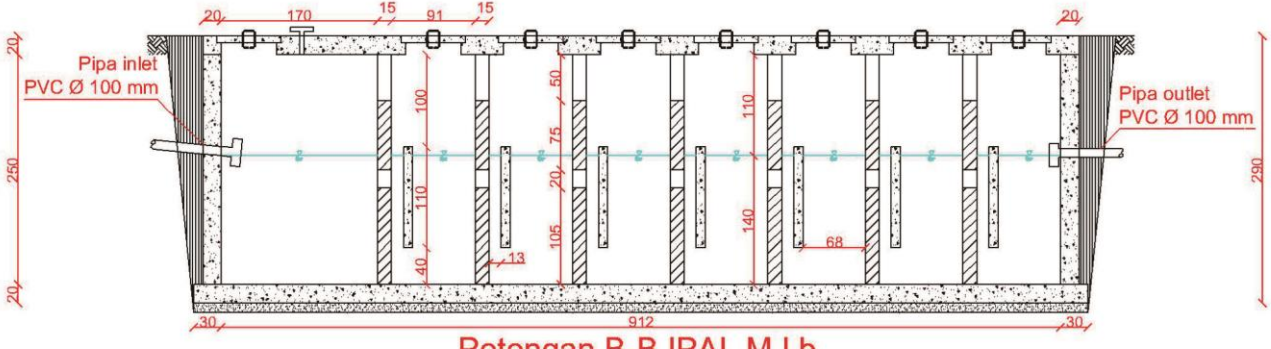


Potongan A-A IPAL M.I.a
Skala 1:80

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	IPAL M.I.a		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	62



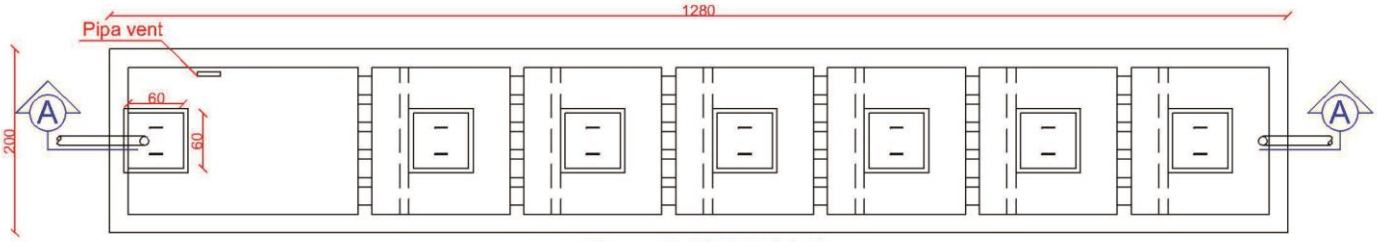
Denah IPAL M.I.b
Skala 1:80



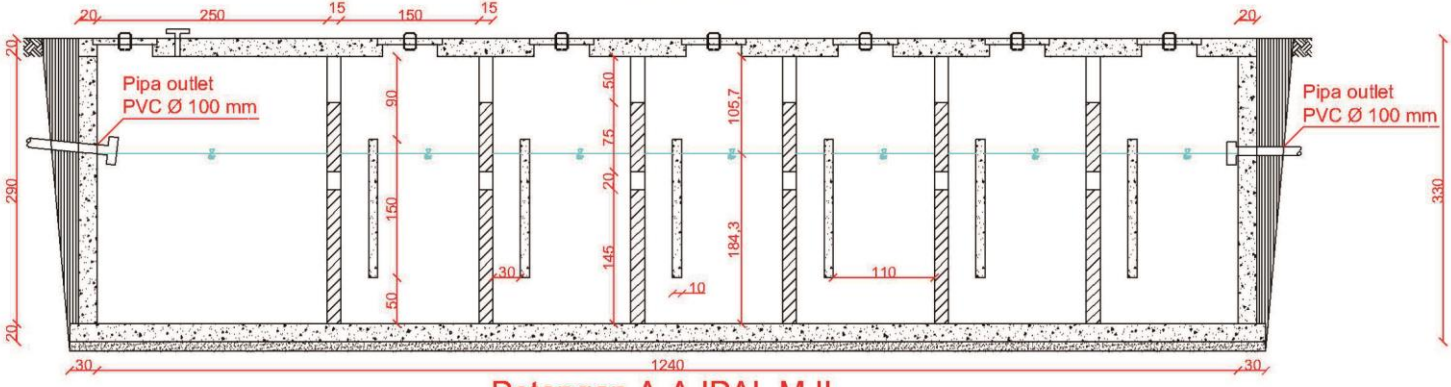
Potongan B-B IPAL M.I.b
Skala 1:80

	TUGAS AKHIR	LEGENDA	DOSEN PEMBIMBING	SKALA
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	1:80
	JUDUL GAMBAR		MAHASISWA	NO. GAMBAR
	IPAL M.I.b		MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	63

kkk

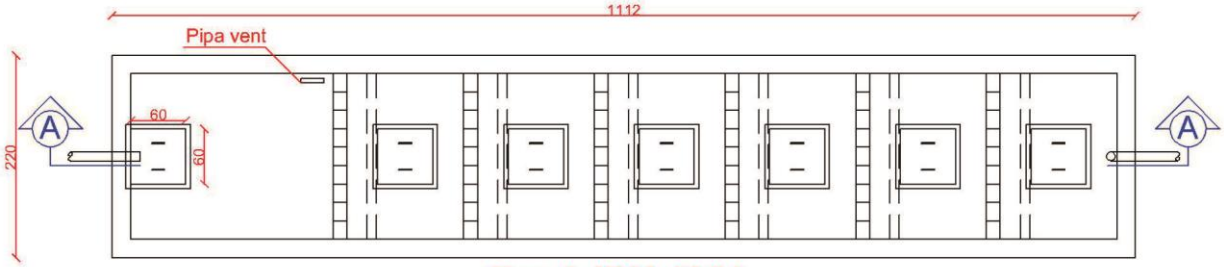


Denah IPAL M.II
Skala 1:80

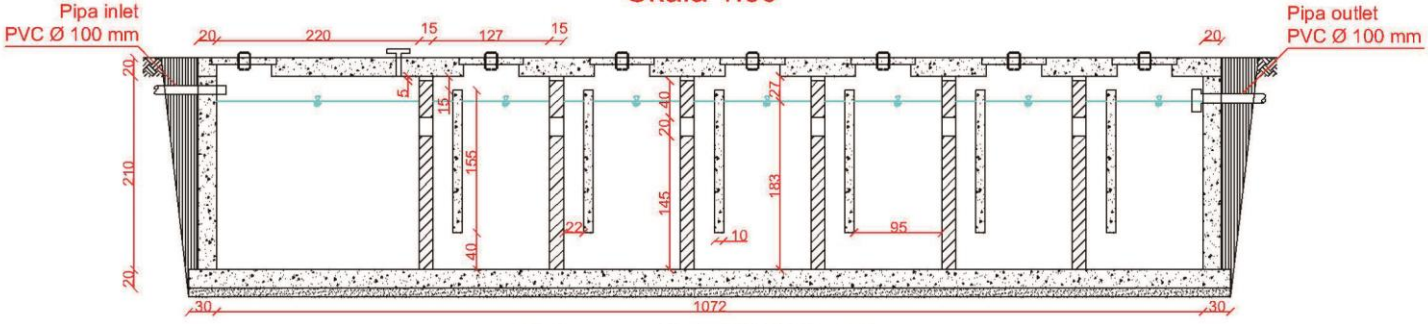


Potongan A-A IPAL M.II
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL M.II		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 64



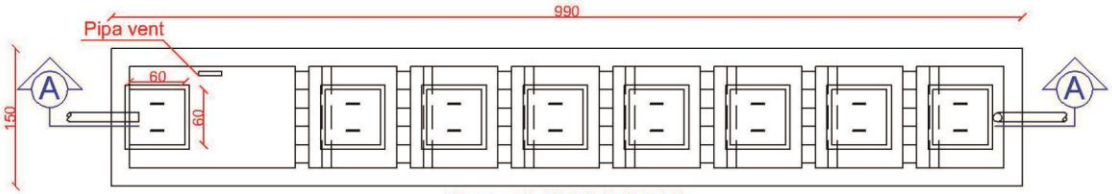
Denah IPAL M.IV
Skala 1:80



Potongan A-A IPAL M.IV
Skala 1:80

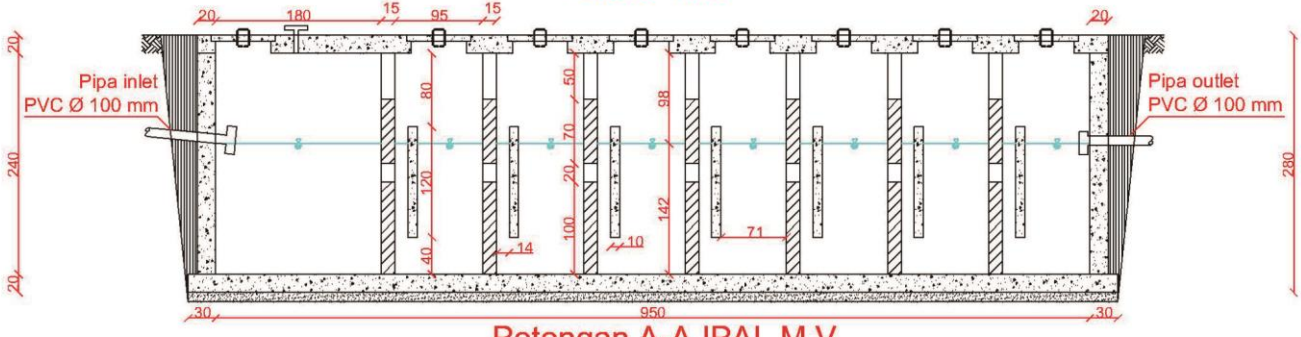
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL M.IV		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 65

mmm



Denah IPAL M.V

Skala 1:80

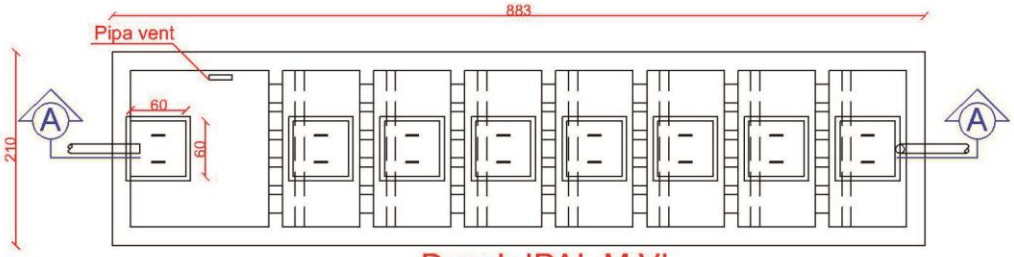


Potongan A-A IPAL M.V

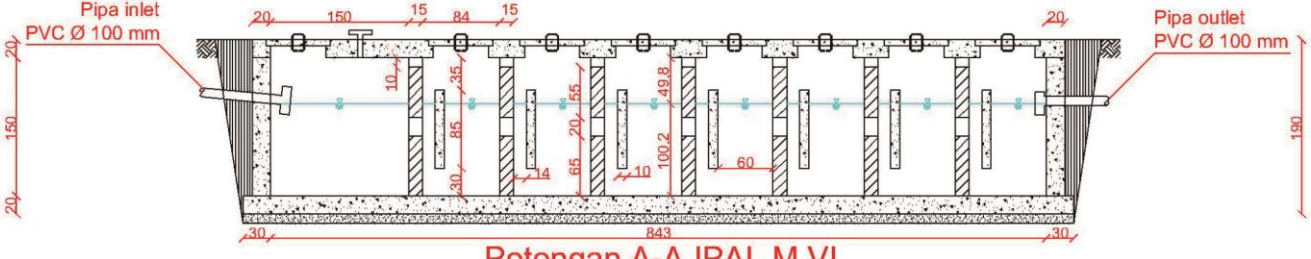
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL M.V		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 66

nnn

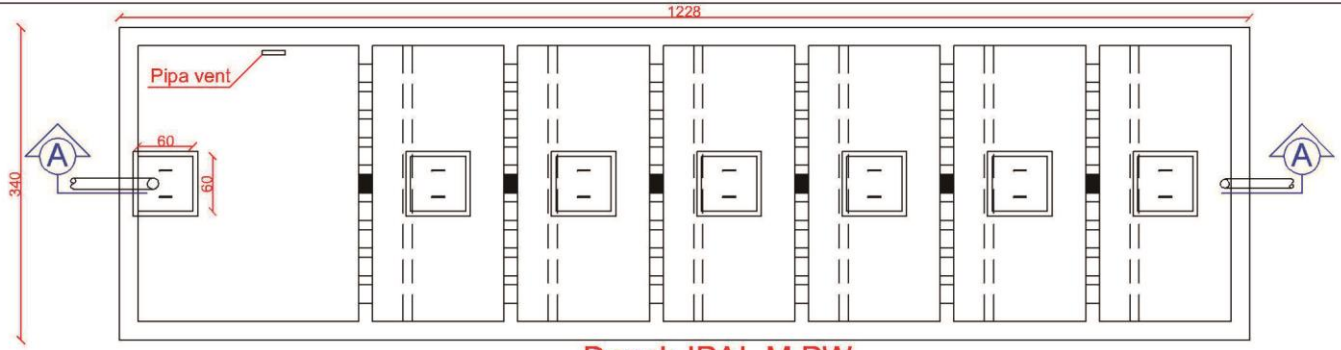


Denah IPAL M.VI
Skala 1:80

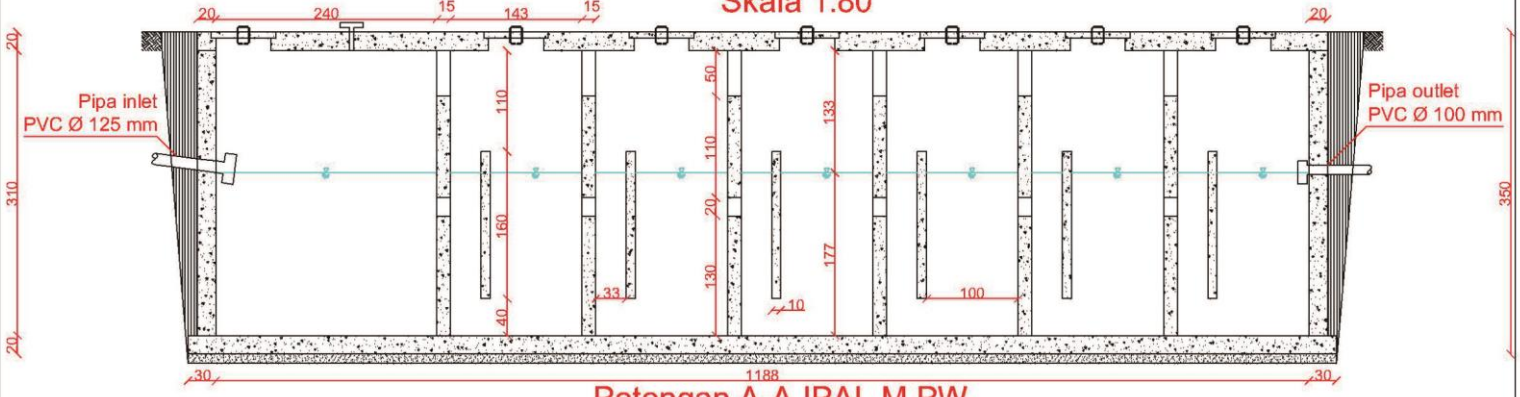


Potongan A-A IPAL M.VI
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL M.VI		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 67



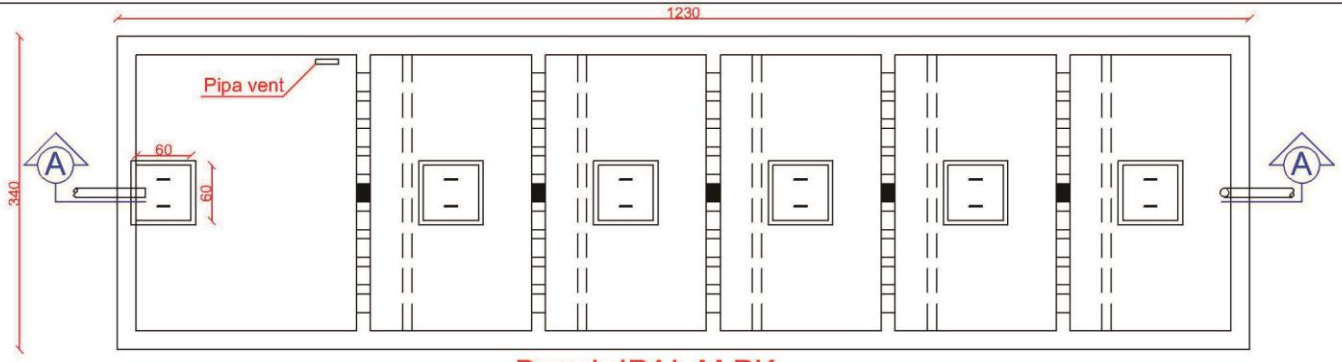
Denah IPAL M.PW
Skala 1:80



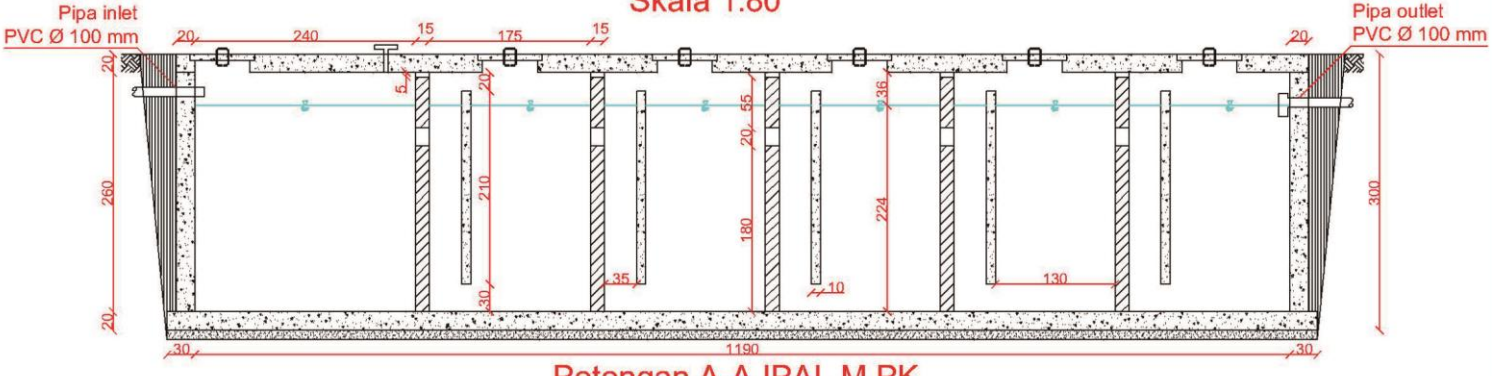
Potongan A-A IPAL M.PW
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL M.PW		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 68

ppp



Denah IPAL M.PK
Skala 1:80



Potongan A-A IPAL M.PK
Skala 1:80

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018	TUGAS AKHIR Perencanaan Pengolahan Air Bersih dan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bungah, Gresik	LEGENDA Muka Tanah Tanah Urug Beton Pasir Pasangan Bata Pasangan Batu Kali	DOSEN PEMBIMBING ADHI YUNIARTO, ST., MT., Ph.D NIP 19730601 200003 1 001	SKALA 1:80
	JUDUL GAMBAR IPAL M.PK		MAHASISWA MUH. ATHUR DIRGANTARA NRP. 3312100094	NO. GAMBAR 69

qqq

LAMPIRAN D

DOKUMEN

Dokumen A. Asistensi

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : MUH. ATHUR D.
NRP : 3312100094
Judul Tugas Akhir :

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	25-9-2017	Kebutuhan air penduduk	
2.	19-10-2017	SPAL dll tanpa IPAL Perhitungan.	
3.	10-11-2017	Jaringan SPAM dan SPAL	
4.	13-11-2017	Jaringan SPAL, Outline Progress	
5	17-11-2017	Jaringan SPAL, dan IPAL, peta, profil hidrolis	
6.	13-12-2017	Cek Perhitungan ABR dan dimensinya. Profil Hidrolis.	
7.	14-12-2017	IPAM (detail & gambar) + intake. Pembahasan hasil Questioner dan perencanaan IPAM + IPAL.	
8.	22-12-2017	Perbaiki gambar, lengkapi dgn dimensi	

Surabaya, ...
Dosen Pembimbing

.....

Dokumen B. Berita Acara

Berita Acara 1

PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

TA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
eriode: Ganjil 2017/2018 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

ari, tanggal : Senin, 8 Januari 2018 Nilai TOEFL 417
ukul : 13.00-15.00 WIB
okasi : TL 104
udul : Perencanaan Sanitasi di Desa Raci Wetan, Desa Sidorejo, Desa Melirang di Kecamatan Bungah Gresik

ama : Muhammad Athur D. Tanda Tangan
RP. : 3312100094
opik : Perencanaan

o./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Diperbaiki Abstrak dan abstract.
2.	Penulisan tabel ditebalkan, penggambaran grafik
3.	Untuk daftar gambar / lampiran di urutkan sesuai hasil pelaksanaan penelitian.
4.	Kesimpulan diperbaiki
5.	Daftar pustaka diperbaiki.

osen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
ormulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
ormulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

erdasarkan 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)

osen Pembimbing

dhi Yuniarto, ST., MT., PhD.)

Berita Acara 2

PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Ganjil 2017/2018

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal	: Senin, 8 Januari 2018
Pukul	: 13.00-15.00 WIB
Lokasi	: TL 104
Judul	: Perencanaan Sanitasi di Desa Raci Wetan, Desa Sidorejo, Desa Melirang di Kecamatan Bungah Gresik
Nama	: Muhammad Athur D.
NRP.	: 3312100094
Topik	: Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Subbab 5.1.1 s/d 5.1.17 tidak boleh tiba-tiba muncul gambar.
2	Latar belakang diperbaiki
3	Subbab 5.4 → banyak sub subbab yg tidak ada kalimat, langsung tabel. tidak boleh ada yg landscape kecuali hanya tabel & hanya gambar.
4	Tinjauan pustaka yang tidak relevan dihapus, Tambahkan teori yang digunakan untuk pembahasan
	17/1-18

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji: Ali Masduqi

Dosen Pembimbing: Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD.

Berita Acara 3

PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

TA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR — Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
Periode: Ganjil 2017/2018 — No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal	: Senin, 8 Januari 2018
Pukul	: 13.00-15.00 WIB
Lokasi	: TL 104
Judul	: Perencanaan Sanitasi di Desa Raci Wetan, Desa Sidorejo, Desa Melirang di Kecamatan Bungah Gresik
Nama	: Muhammad Athur D.
NRP.	: 3312100094
Topik	: Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1/.	Penulisan → lihat di buku.
2/.	profil hidrolis pipa SPAL
3/.	Gambar teknik IPAL perkotaan
4/.	Susunan buku TA.
	17/1 18.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji: Ipung Fitri P ( )

Dosen Pembimbing: Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD. ( )

Berita Acara 4

PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR — Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
Periode: Ganjil 2017/2018 — No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 8 Januari 2018
Pukul : 13.00-15.00 WIB
Lokasi : TL 104
Judul : Perencanaan Sanitasi di Desa Raci Wetan, Desa Sidorejo, Desa Melirang di Kecamatan Bungah Gresik

Nama : Muhammad Athur D.
NRP. : 3312100094
Topik : Perencanaan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Samakan jenis huruf pada laporan TA
2	Kesimpulan diperbaiki
3	Gortek belum disisipi dalam laporan
4	Cara penulisan daftar pustaka diperbaiki
5	Profil hidrolis ?
6	Halaman 143. → letaknya mana ?
	17/1/2018

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji — Harmin S Tilah, ST, MT, PhD

Dosen Pembimbing — Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD.

Dokumen C. Perbaikan

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-05

FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : MUHAMMAD ATHUR DIRGANTARA
NRP : 3312100094
Judul Tugas Akhir :

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Diperbaiki Abstrak dan abstract	Sudah di
2.	Penulisan tabel dibetulkan, penggambaran grafik	Sudah diperbaiki.
3.	Urutan daftar gambar/ Lampiran diurutkan sesuai hasil pelaksanaan penulisan	Ok.
4.	Kesimpulan diperbaiki	ok.
5.	Daftar pustaka diperbaiki	ok

Dosen Pembimbing,

Adhi Juniarta

Mahasiswa Ybs.,

MUH. ATHAR D.

BIOGRAFI PENULIS

Penulis dilahirkan di Pacitan, 17 Desember 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan penulis pernah mengenyam pendidikan di 1). SDN Mojogede, Balongpanggang, Gresik (2000-2006), 2). SMPN 1 Balongpanggang, Gresik (2006-2009), dan 3). SMA Al-Islam 1 Surakarta (2009-2012). Penulis diterima di ITS melalui jalur mandiri dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP. 3312100094. Saat di mahasiswa penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan keorganisasian, baik lingkup jurusan, institut, maupun luar kampus. Di lingkup jurusan penulis pernah mengikuti kepanitian di himpunan dengan nama HMTL ITS dan di LDJ (Lembaga Dakwah Jurusan) dengan nama Al-Kaun, di lingkup institut penulis pernah mengikuti kepanitian di mapala (mahasiswa pencinta alam) institut dengan nama PLH SIKLUS ITS, dan di luar kampus penulis pernah mengikuti kepanitiaan di perkumpulan mapala Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”