

TA/TL/2022/1449

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN dan *MODELING* SISTEM
PENGOLAHAN AIR LIMBAH TERPUSAT(SPALD-T)
KOTA MATARAM

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



NADILLA ANGGRIANI

17513030

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN dan *MODELING* SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T) KOTA MATARAM

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi
PersyaratanMemperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



Nadilla Anggriani

17513030

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

NIK. 165131306

Tanggal: 15 Maret 2022

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

NIK. 025100407

Tanggal: 15 Maret 2022

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, ST., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 14 Juni 2022

HALAMAN PENGESAHAN

Perencanaan dan *Modeling* Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

Telah Diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Selasa

Tanggal : 15 Maret 2022

Disusun Oleh:

NADILLA ANGGRIANI

17513030

Tim Penguji :

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng



Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T



Noviani Ima Wantoputri, S.T.,M.T



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Maret 2022

Yang membuat pernyataan,




Nadilla Anggriani

NIM: 17513030

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala ridho dan karunia Nya, serta sholawat dan salam kepada Baginda sayyidina Nabi Muhammad SAW Allahumma Sholli ‘Ala Sayyidina Muhammad Wa’ala ali sayyidina muhammad, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Perencanaan dan *Modeling* Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram” Tugas Akhir ini tidak tercipta tanpa bimbingan dan arahan yang sangat berperan penting dari beberapa orang yang ingin saya ucapkan terimakasih:

1. Kepada Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D., sebagai Kaprodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan motivasi selama saya berada di TL UII.
2. Kepada Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri S.T.,M.Eng., Terima kasih telah membimbing saya dalam penulisan tugas akhir ini, terimakasih yang tak terhingga karena bapak telah sabar, ikhlas, tidak pernah marah dan mendukung penuh membimbing saya hingga saya selesai menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Kepada Bapak Dr. Andik Yulianto S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing 2 dan DPA selama 4 tahun ini yang telah banyak memberikan masukan, semangat luar biasa kepada saya, saya ucapkan terimakasih dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Ibu Noviani Ima Wantoputri S.T., M.T., sebagai dosen penguji yang sangat ramah dan senantiasa sabar memberikan masukan dalam tugas akhir ini.
5. Terima kasih juga kepada seluruh dosen dan staff JTL UII.
6. Kepada kedua Orang tua saya Bapak Guswandi, Ibu Iswati, Kak Resty, Nabil, terima kasih atas dukungan, doa, restu nya hingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar dan selesai tepat waktu.

7. Kepada teman-teman saya bestie saya Ipo, Dhea, Chikita, Yova, Abang Nico, Hafidz, terima kasih ya sayang banget sama kalian.
8. Teman seperjuangan Teknik Lingkungan UII Angkatan 2017.

Akhir kata, semoga perencanaan ini bermanfaat sebagai masukan dan saran pada instansi terkait. Saya sangat menerima saran dan kritik dalam perencanaan ini demi perbaikan kedepannya.

Yogyakarta, 15 Maret 2022

Nadilla Anggriani





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat dan mengevaluasi perencanaan IPAL dengan membuat model sesuai dengan perencanaan. Metode yang digunakan dalam merencanakan SPALD-T adalah pertimbangan dalam pemilihan teknologi yang efektif dalam menyisihkan patogen dalam air seperti BAF, MBBR, dan CAS. Dalam penentuan kriteria desain yaitu menghitung debit air limbah yang dihasilkan sebelum unit dibangun dan mendesain perencanaan lalu memodelkan kedalam GPS-X. Adapun dalam simulasi IPAL digunakannya variabel tetap dan variabel bebas. Hasil simulasi modeling perencanaan IPAL satu line dengan menggunakan variabel bebas dalam menyisihkan COD, BOD, VSS, TSS, Ammonia Nitrogen, TN, dan TP. Sedangkan variabel tetap menetapkan minimum flow 40% pada saat startup 1800 m³/d, middle flow 4500 m³/d dan maximum flow 6750 m³/d. Variasi debit atau flow debit yang dilakukan untuk membandingkan debit mana yang lebih efisien dalam menyisihkan patogen, yaitu peyisihan tertinggi pada maximum flow yaitu 1129 kg/d dan penyisihan terendah pada saat startup minimum flow yaitu 137 kg/d. Performa debit yang lebih tinggi lebih unggul dalam menyisihkan kandungan organik seperti TSS, COD, TN dan TP. Penelitian ini dilakukan pemodelan menggunakan software GPS-X tujuannya adalah mengetahui kemampuan alternatif terpilih dalam pengolahan IPAL. Rencana anggaran biaya yang dikeluarkan untuk membangun SPALD-T Kota Mataram sebesar Rp. 6.377.969.500 atau terbilang enam milyar tiga ratus tujuh puluh tujuh juta sembilan ratus enam puluh sembilan ribu lima ratus rupiah.

Kata kunci: MBBR, Modeling, Perencanaan, SPALD-T

ABSTRACT

This study aims to plan a Centralized Domestic Wastewater Treatment Installation System and evaluate the WWTP planning by making a model according to the plan. The method used in planning SPALD-T is a consideration in the selection of technologies that are effective in eliminating pathogens in water such as BAF, MBBR, and CAS. In determining the design criteria, namely calculating the discharge of wastewater generated before the unit was built and designing the plan and then modeling it into GPS-X. Meanwhile, in the WWTP simulation, fixed and independent variables are used. Simulation results of one-line WWTP planning using independent variables in removing COD, BOD, VSS, TSS, Ammonia Nitrogen, TN, and TP. While the fixed variables set a minimum flow of 40% at startup 1800 m³/s, middle flow 4500 m³/s and maximum flow 6750 m³/s. Variation of discharge or flow discharge is carried out to compare which discharge is more efficient in removing pathogens, namely the highest removal at maximum flow of 1129 kg/d and the lowest removal at startup minimum flow of 137 kg/d. Higher discharge performance is superior in removing organic content such as TSS, COD, TN and TP. This research was conducted by modeling using GPS-X software. The aim was to determine the ability of the selected alternative in WWTP processing. The budget plan for the construction of the Mataram City SPALD-T is Rp. 6,377,969,500 or spelled out six billion three hundred seventy-seven million nine hundred sixty-nine thousand five hundred rupiah.

Keywords: MBBR, Modeling, Planning, SPALD-T

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
NOTASI DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	17
1.1 Pendahuluan.....	17
1.2 Rumusan Masalah.....	18
1.3 Tujuan.....	18
1.4 Manfaat.....	18
1.5 Ruang Lingkup.....	19
BAB II GAMBARAN WILAYAH PERENCANAAN.....	20
2.1 Gambaran Sanitasi Kota Mataram.....	20
2.2 Karakteristik Air limbah Kota Mataram.....	23
2.3 Efisiensi Teknologi.....	26
2.4 GPS-X.....	27
BAB III KRITERIA DESAIN DAN METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Lokasi Perencanaan.....	33
3.2 Metode Penelitian.....	34
3.3 Analisis Data.....	35
3.4 Zona Pelayanan.....	35
3.5 Periode Perencanaan.....	36
3.6 Proyeksi penduduk.....	36
3.7 Acuan Perencanaan.....	38
3.8 Alternatif Pengolahan.....	39
3.8.1 Teknologi Alternatif Pengolahan.....	39
3.8.2 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan.....	39
3.8.3 Alternatif Teknologi Terpilih.....	41

3.9 Kriteria Desain MBBR	41
BAB IV PEMBAHASAN	43
4.1 Pemilihan Teknologi	43
4.2. Debit Limbah.....	44
4.3 Layout IPAL.....	46
4.4 Perhitungan Desain.....	50
4.4.1. <i>Mechanical Screen</i>	50
4.4.2. <i>Grit Chamber</i>	52
4.4.3. Bak Ekualisasi.....	53
4.4.4. Pompa	54
4.4.5. MBBR (<i>Moving Bed Biofilm Reactor</i>)	55
4.4.6. <i>Secondary Clarifier</i>	59
4.4.7. Desinfeksi	61
4.4.8. <i>Thickener & Dewatering</i>	62
4.5 Rekapitan Unit Desain.....	63
4.6. Neraca Massa	64
4.7. <i>Modeling</i> Teknologi MBBR.....	65
4.7.1 <i>Flow Rate Scenario</i>	65
4.7.2 <i>Modeling</i> Perencanaan	66
4.8 Pembiayaan Unit Pengolahan.....	73
4.9 Anggaran Biaya.....	75
4.9.1 RAB	75
4.9.2 <i>Operation and Maintenance</i>	76
BAB IV KESIMPULAN & SARAN	77
a. Kesimpulan	77
b. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Elevasi Kota Mataram	20
Tabel 2. 2 Karakteristik Tipikal Air Limbah Beberapa Kota di Indonesia	24
Tabel 2. 3 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	25
Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik	25
Tabel 2. 5 Kriteria Beban Hidrolik dan Efisiensi Pengolahan Biologis.....	26
Tabel 3. 1 Pembagian Zona 1, Zona 2, Dan Zona 3 Pelayanan	35
Tabel 3. 2 Jumlah Penduduk 10 Tahun Terakhir Kota Mataram	37
Tabel 3. 3 Proyeksi Penduduk Kota Mataram tahun 2020-2040	38
Tabel 3. 4 Kelebihan Kekurangan Alternatif Teknologi IPAL	40
Tabel 3. 5 Tipikal Removal Flux untuk BOD, Nitrifikasi dan Denitrifikasi.....	41
Tabel 3. 6 Kriteria Desain Moving Bed Biofilm Reactor	42
Tabel 3. 7 Tipikal Parameter Desain Proses MBBR	42
Tabel 3. 8 Tipikal Parameter Operasi MBBR	42
Tabel 4. 1 Keterangan Range	43
Tabel 4. 2 Scoring Teknologi IPAL	44
Tabel 4. 3 Debit Puncak Dan Debit Rata-Rata.....	45
Tabel 4. 4 Penjelasan Layout IPAL.....	47
Tabel 4. 5 Kriteria Desain Unit Penyaringan	50
Tabel 4. 6 Kriteria Desain Unit Grit Chamber	52
Tabel 4. 7 Kriteria Desain Unit Bak Ekualisasi	53
Tabel 4. 8 Kriteria Desain Unit MBBR.....	55
Tabel 4. 9 Kriteria Desain Unit Secondary Clarifier	60
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Desain Dimensi Unit IPAL	63
Tabel 4. 11 Simulasi Flow Rate Scenario	65
Tabel 4. 12 Hasil Simulasi Model Skenario Minimum Flow.....	68
Tabel 4. 13 Hasil Simulasi Model Skenario Middle Flow	69
Tabel 4. 14 Hasil Simulasi Model Skenario Maximum Flow	70
Tabel 4. 15 Rekanan Flow Rate Scenario Q 1800, 4500, 6750 m ³ /d.....	71

Tabel 4. 16 Pembiayaan Pengolahan Berdasarkan Teknologi IPAL	74
Tabel 4. 17 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya IPAL.....	75
Tabel 4. 18 Perhitungan Operation and Maintenance	76
Tabel 4. 19 Total Rencana Anggaran Biaya.....	76
Tabel 4. 20 Total Operation and Maintenance	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Elevasi Kota Mataram	21
Gambar 2. 2 Peta Sumber Air Bersih Kota Mataram	22
Gambar 2. 3 Skema Penggunaan software GPS-X.....	28
Gambar 2. 4 Creating Model	29
Gambar 2. 5 Quick Panel View	29
Gambar 2. 6 Sample Layout	30
Gambar 2. 7 Simulation Result Tabel	30
Gambar 2. 8 Simulation Views	31
Gambar 2. 9 Selecting Control Variables	31
Gambar 3. 1 Lokasi dan Pelayanan IPAL	33
Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan Via Satelit	34
Gambar 3. 3 Skema Perencanaan	34
Gambar 3. 4 Peta Zona Pelayanan Prioritas IPAL Kota Mataram	36
Gambar 3. 5 Alternatif Teknologi Perencanaan	39
Gambar 4. 1 Skema Proses Moving Bed Biofilm Reactor	56
Gambar 4. 2 Mass Balance Diagram	64
Gambar 4. 3 Simulasi Skenario sesuai Perencanaan software GPS-X.....	66
Gambar 4. 4 Modeling Layout IPAL 1 line.....	67
Gambar 4. 5 Skenario MBBR Minimum Flow 1800 m ³ /d.....	68
Gambar 4. 6 Skenario MBBR Middle Flow 4500 m ³ /d.....	69
Gambar 4. 7 Skenario MBBR Maximum Flow 6750 m ³ /d.....	70
Gambar 4. 8 Skenario MBBR Flow Rate Scenario Influent dan Effluent Q 1800, 4500, 6750 m ³ /d	71
Gambar 4. 9 Influent Characterization	73

NOTASI DAN SINGKATAN

WWTP	= <i>Waste Water Treatment Plant</i>
CAS	= <i>Conventional Activated Sludge</i>
BAF	= <i>Biological Anaerobic Filter</i>
MBBR	= <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i>
O & M	= <i>Operation and Maintenance</i>
IPAL	= Instalasi Pengolahan Air Limbah
VSS	= <i>Volatile Suspended Solids</i>
TSS	= <i>Total Suspended Solids</i>
COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
BOD	= <i>Biochemical Oxygen Demand</i>
BOD ₅	= <i>Biochemical Oxygen Demand in a 5 day incubation period</i>
TS	= Total Solid
TN	= Total Nitrogen
MBAS	= <i>Methylen Blue Active Surfactant</i>
MBAL	= Baku Mutu Air Limbah
TKN	= Total Kjedahl Nitrogen
TP	= Total Phosporus
pH	= Power of Hydrogen
NH ₄ N	= Amonium
NO ₃ -	= Nitrogen Oksigen
PO ₄ P	= Ortofosfat
ASM	= Activated Sludge Model No.1
ASM3	= Activated Sludge Model No.3
Mantis	= Mantis Model
ASM2d	= Activated Sludge Model No. 2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Permasalahan pencemaran pada kawasan kota-kota besar menunjukkan indikasi serius khususnya pencemaran air. Pemicu pencemaran tersebut bukan hanya air limbah industri tetapi limbah domestik rumah tangga yang semakin meningkat sesuai pertumbuhan penduduk (Yudo dan Said, 2017). Limbah cair domestik yang berasal dari rumah tangga merupakan ancaman yang serius karena mencemari lingkungan terutama air tanah sebagai perantara penyakit. Limbah domestik secara umum berasal dari sisa air kamar mandi, tinja, dan limbah dapur. Limbah adalah sesuatu yang harus dimusnahkan karena sifatnya *toxic*. Bahan kimia dapat berkembangbiak seperti kuman penyebab penyakit, contohnya disentri, tifus, dan penyakit lain (Doddy, 2012).

Masalah pencemaran air limbah Kota Mataram saat ini kondisinya berada ditahap pencemaran yang cukup parah terutama dibadan air. Transformasi karakteristik air limbah domestik sangat bergantung pada beberapa asupan makanan dan air yang sudah larut dengan limbah (Agbogu et al, 2005). Permasalahan air limbah rumah tangga Kota Mataram yang tidak ditampung tetapi langsung dialiri ke pengolahan limbah cair sehingga terbagi dua bagian yaitu lumpur dan air. Kualitas air bersih dari hasil inpeksi sanitasi menurut jenis sarana air bersih Kota Mataram tahun 2008 tingkat pencemaran yang digolongkan menjadi empat yaitu pencemaran amat tinggi pada sumur gali sebesar 6,49% pencemaran tinggi sebesar 25,30% pencemaran sedang 37,34% dan pencemaran rendah sebesar 30,88%. Hasil SUSENAS Maret 2020 sebagian besar rumah tangga yang telah memiliki fasilitas BAB milik pribadi sebesar 77,51%, *septic tank* sebesar 94,92% (Statistik Perumahan Kota Mataram, 2020).

Penelitian yang akan dilakukan adalah merencanakan SPALD-T dengan model sesuai dengan perencanaan. Sebelum merencanakan dilakukan pemilihan opsi pemilihan teknologi dengan membandingkan *scoring* pada unit IPAL yang

terpilih dengan skor tertinggi. Adapun teknologi alternatif yaitu *Conventional Activated Sludge (CAS)*, *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*, dan *Biological Anaerobic Filter (BAF)*. *Scoring* dilakukan dengan pengalihan sederhana yaitu skor dan bobot sehingga skor akhir IPAL akan dapat ditentukan. Dimasa yang akan datang, teknologi unit IPAL yang akan terpilih harus mampu mengeluarkan *effluent* yang sesuai dengan baku mutu air limbah.

Permasalahan tersebut diperlukannya *modeling* sistem pengolahan air limbah domestik terpusat untuk menurunkan konsentrasi zat pencemar sebelum dibuang ke badan air. *Modeling* sistem pengolahan air limbah domestik terpusat menggunakan *software GPS-X*. *Modeling* ini memungkinkan deskripsi proses pada pengolahan IPAL. Simulasi skenario baru bertujuan untuk mempelajari parameter kritis dalam proses optimasi dan kontrol (Sofia Filipe Pereira, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan sebagian besar penduduk Mataram membuang air limbah ke sungai sehingga kualitas air limbah menjadi menurun dan belum memenuhi standar. Keberadaan *on-site* yang sudah ada di Kota Mataram belum berfungsi dengan baik, Maka harus dilakukan perencanaan pengolahan air limbah terpusat sebelum dibuang ke badan air penerima.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir perencanaan ini adalah:

1. Merencanakan Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat
2. Mengevaluasi perencanaan IPAL dengan membuat model sesuai dengan perencanaan

1.4 Manfaat

Hasil Perencanaan ini diharapkan bisa menjadi masukan dan sumbangan pemikiran tentang perencanaan sistem pengelolaan air limbah domestik Kota Mataram kepada pemerintah, instansi yang berkepentingan serta masyarakat luas.

1.5 Ruang Lingkup

1. Wilayah Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah berada di Kota Mataram
2. Perencanaan unit pengolahan air limbah domestik dengan *modeling* sistem SPALD-T menggunakan *software* GPS-X
3. Pengumpulan data yang diperoleh yaitu data sekunder karakteristik air limbah, BPS Kota Mataram, Sanitasi Kota Mataram RT/RW Kota Mataram
4. Kriteria desain unit IPAL yang digunakan adalah buku *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* tahun 2003 Metcalf & Eddy
5. Debit IPAL stage 1 9000 m³/hari
6. Baku mutu air limbah mengacu pada PERMENLHK No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
7. Pembagian zona mengacu Rencana Induk dan Studi Kelayakan dengan mempertimbangkan seperti permukiman, lebar jalan, sosial, ekonomi dan budaya masyarakat. Pada target zona pelayanan berada di semua lingkup di Kota Mataram, termasuk semua area pelayanan domestik dan non domestik dengan minimal layanan dua puluh ribu jiwa skala perkotaan.
8. Memberikan alternatif untuk menentukan teknologi alternatif pengolahan terpilih untuk SPALD-T.

BAB II

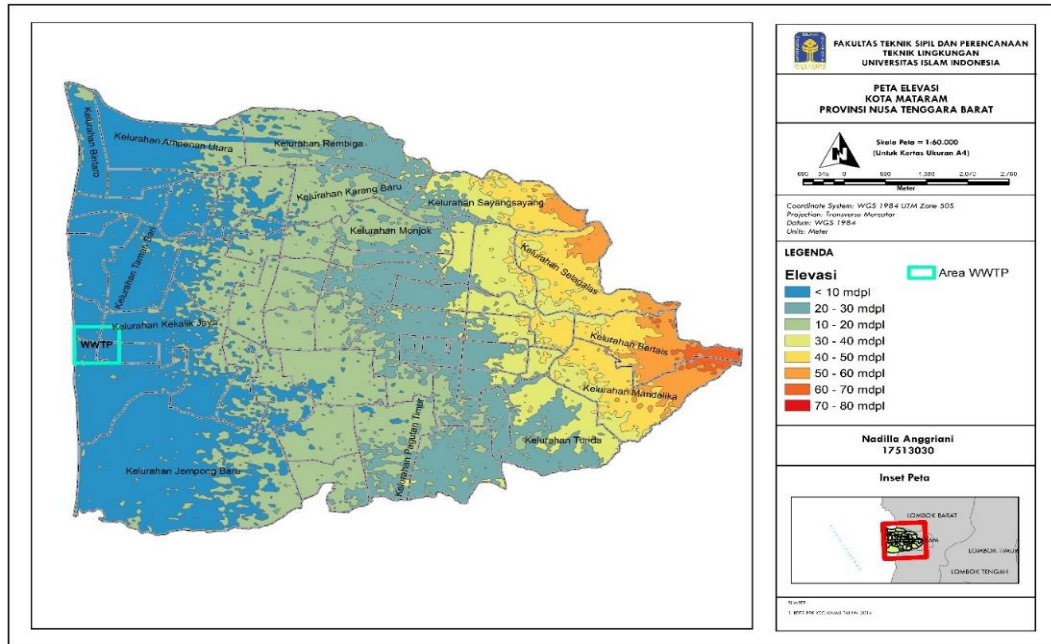
GAMBARAN WILAYAH PERENCANAAN

2.1 Gambaran Sanitasi Kota Mataram

Topografi Kota Mataram pada elevasi <10 mdpl dengan luas 2069 Ha, elevasi 10-20 mdpl dengan luas 1940 Ha, elevasi 20-30 mdpl dengan luas 1193 Ha, elevasi 30-40 mdpl dengan luas 624 Ha, elevasi 40-50 mdpl dengan luas 507 Ha, elevasi 50-60 mdpl dengan luas 220, elevasi 60-70 mdpl dengan luas 45 Ha, dan elevasi 70-80 mdpl seluas 1 Ha. Berikut merupakan tabel elevasi Kota Mataram dan gambar peta elevasi Kota Mataram pada tabel 2.1 dan gambar 2.1 yang ditunjukkan terperinci sebagai berikut

Tabel 2. 1 Elevasi Kota Mataram

No.	Elevasi(mdpl)	Luas(Ha)
1	<10 mdpl	2069
2	10-20	1940
3	20-30	1193
4	30-40	624
5	40-50	507
6	50-60	220
7	60-70	45
8	70-80	1

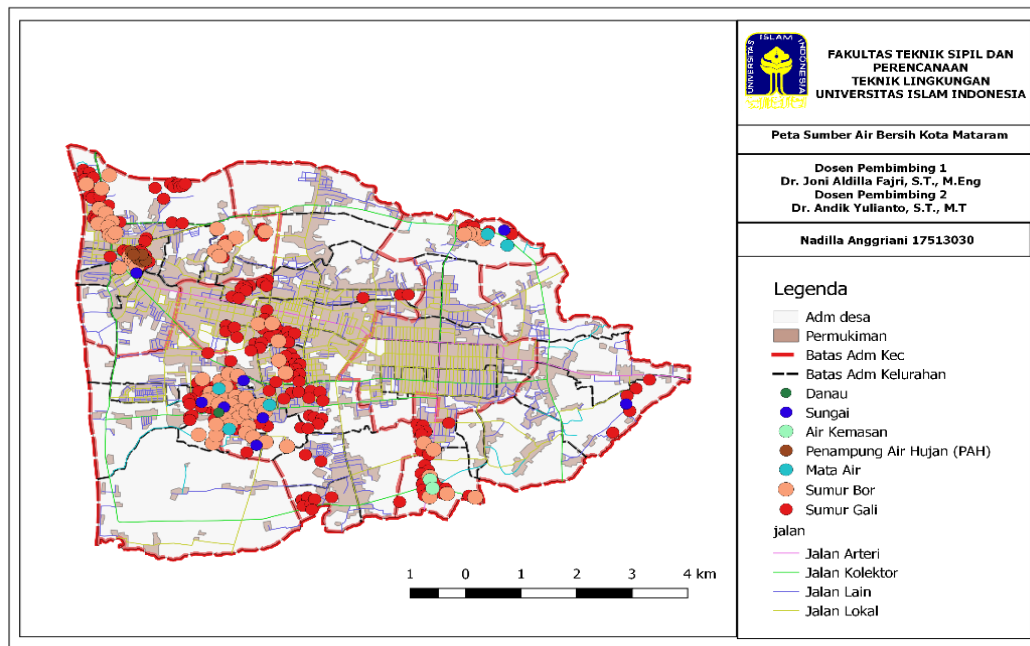


Gambar 2. 1 Peta Elevasi Kota Mataram

Kota Mataram dengan kepadatan penduduk yang tinggi menjadikan kawasan lingkungan yang padat menjadi kumuh yang dapat mempengaruhi tingkat kesehatan, hal tersebut karena sarana dan prasarana yang tidak memenuhi syarat. Keutamaan kenyamanan anggota rumah tangga untuk di huni. Berikut merupakan beberapa fasilitas tempat huni yaitu sumber air minum, tempat buang air besar, listrik dan bahan bakar untuk kebutuhan memasak.

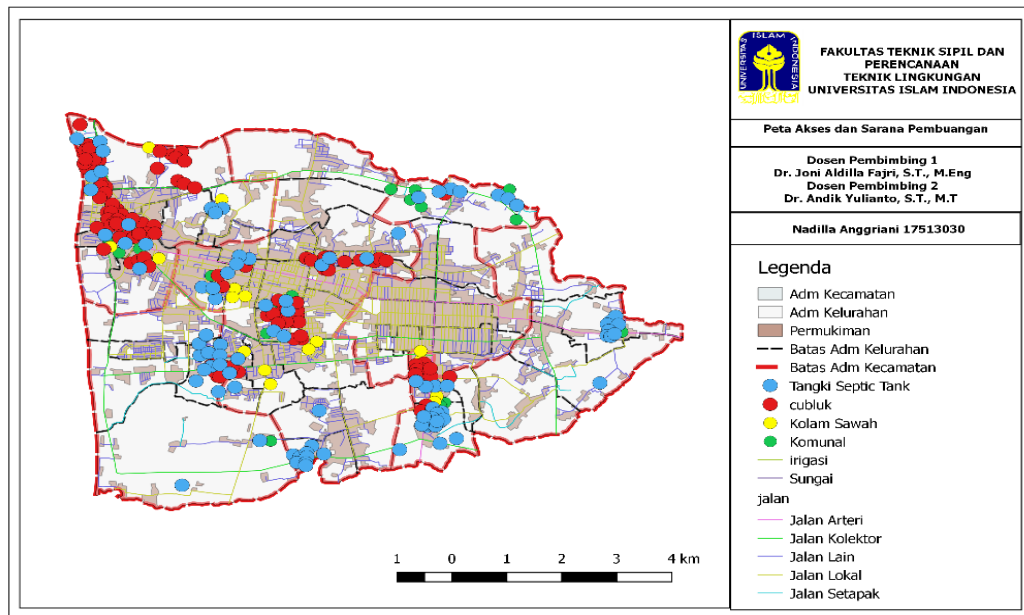
Pada tahun 2020 sumber air minum dirumah tangga yang menggunakan air isi ulang sebanyak 52,44%, sebanyak 37,08% menggunakan leding sebagai sumber air minum, dan rumah tangga yang menggunakan lokasi luar pagar rumah sebanyak 54,39%. Sumber air yang digunakan untuk memasak, mandi, dan mencuci baju rata-rata menggunakan air leding yaitu sebesar 61,01%. Air yang berkualitas merupakan air kemasan berlogo, air isi ulang, air leding, sumur bor/pompa, mata air dan sumur yang terlindungi. Rumah tangga yang menggunakan air kemasan berlogo dan air isi ulang terdapat syarat atau kondisi tambahan, sedangkan rumah tangga yang menggunakan air tersebut untuk mandi, mencuci menggunakan leding, sumur bor, sumur terlindungi atau air hujan yang memiliki akses terhadap air minum yang layak. Sebesar 98,85% rumah tangga di kota Mataram memiliki

akses air minum yang layak. Rumah tangga yang belum memiliki akses layanan air minum tidak layak sebesar 1,15%. Berikut adalah peta sumber air bersih Kota Mataram yang ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Peta Sumber Air Bersih Kota Mataram

Menurut hasil Survei Sosial Ekonomi Sosial (SUSENAS) Maret 2020 di Kota Mataram, sebagian besar rumah tangga sudah mempunyai fasilitas BAB milik sendiri sebesar 77,51%, sedangkan tempat pembuangan akhir tinja menggunakan IPAL sebesar 94,92%. Sebagian besar akses terhadap layanan sanitasi rumah tangga di kota mataram sudah layak dengan persentase sebesar 91,45%. Berikut adalah peta akses dan sarana pembuangan yang ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3. Peta Akses Sarana Pembuangan Kota Mataram

2.2 Karakteristik Air limbah Kota Mataram

Parameter kualitas air yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan oksigen yang digunakan menggunakan mikroorganisme yang ada di air buangan untuk mengoksidasi zat organik di dalam air buangan pada waktu tertentu yaitu 5 hari dengan suhu 20 °C. (Moertinah,2010).

2. pH

kualitas pH yang baik adalah pH yang keadaannya mampu menjamin kehidupan biologi didalam air dapat berjalan secara maksimal. (Asmadi,2012).

3. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak bisa mempengaruhi kegiatan mikroba yang dapat menghambat proses oksidasi pada kondisi aerobik. Minyak dapat dihilangkan saat proses netralisasi dengan menambahkan NaOH dan membentuk sabun berbusa(scum) tang mengapun pada permukaan yang bercampur dengan benda lain pada permukaan limbah. (Naibaho,1996).

4. Total Suspended Solid(TSS)

TSS merupakan padatan tersuspensi dalam air yaitu berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang disaring menggunakan kertas milipore yang besar pori-pori nya 0,45 mikromil (Agustira, dkk.,2013).

5. Chemical Oxygen Demand(COD)

Chemical Oxygen Demand(COD) kondisi yang menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan yang bisa teroksidasi pada air buangan senyawa oksidator atau $K_2Cr_2O_7$ (Moertinah,2010).

6. Amonia

Amonia yang tinggi pada badan air sungai menandakan pencemaran yang disebabkan oleh buangan air limbah domestik yang tidak terolah ataupun yang sudah terolah, total 49% pencemaran, (Halling-Sørensen, B. Dan Jørgensen, 1993).

7. Total Coliform

Air yang menyimpan pathogen tidak bisa dipakai untuk kebutuhan konsumsi terutama untuk minum ataupun mencuci pakaian maupun memasak(Fardiaz, 1993). Sejumlah jenis pathogen yang paling sering dijumpai di lingkungan perairan tercemar adalah bakteri golongan *Coliform*, bakteri *Streptococcus*, bakteri *Aerobacter*, dan *Escherichia*(Winarno,1977). Bakteri golongan ini banyak digunakan sebagai indeks utama cemaran mikroba dalam air karena golongan bakteri yang dapat hidup dalam air yang kotor dan dapat diidentifikasi secara spesifik(Wahjuningsih,2001) sehingga semakin banyak jumlah coliform artinya kualitas air semakin jelek.

Berikut karakteristik tipikal air limbah domestik dari beberapa Kota di Indonesia yang ditunjukkan tabel 2.2

Tabel 2. 2 Karakteristik Tipikal Air Limbah Beberapa Kota di Indonesia

No	Parameter	Satuan	Tangerang	Jogjakarta	Surabaya	Indonesia
1	pH		-	-	-	8,5
2	COD	mg/l	-	300	330	317
3	BOD	mg/l	52-106	-	-	189
4	TS	mg/l	-	-	1585	-
5	TSS	mg/l	23-77	200	-	-
6	TN	mg/l	30-59	-	-	-

7	NH ₄ N	mg/l	-	0,5-10	-	10
8	NO ₃ -	mg/l	-	-	1,9	-
9	TP	mg/l	0-1,3	-	-	-
10	PO ₄ P	mg/l	-	-	2,1	6,7
11	MBAS	mg/l	2,8-3,9	-	-	2,7
12	Oil & Grease	mg/l	71-123	-	-	<0,05

^adata diolah dari arkendita &soewondo(2004) untuk penelitian di 4 lokasi IPAL Komunal Tangerang

^bponda & yulianto(2007) dilakukan di IPAL Komunal Muja-Muju Jogjakarta

^cJanuarti & Dwirianti(2005)

^dBalai Lingkungan Pemukiman(2004) tidak disebutkan dari kota mana sampel ini diambil

Faktor yang mempengaruhi dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah adalah kualitas air limbah yang akan diolah. Adapun karakteristik air limbah atau kualitas air limbah mengacu pada jurnal penelitian yang disesuaikan menjadi tipikal air limbah. Berikut tabel karakteristik air limbah yaitu pada dapat dilihat pada tabel 2.3 dan tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Karakteristik Air Limbah Domestik

No	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)	E.Coli (Jumlah/100 mL)	Minyak dan lemak (mg/l)	pH	Amonia (mg/l)	Phospor Total
1	*320	170	324	2,4x10 ⁸	28	6,6	5,42	-
2	**500	250	220	-	-	7	25	12
3	***352	186,24	400	-	-	-	-	-
Min	320	170	220	2,4x10 ⁸	28	6,6	5,42	12
Max	500	250	400	2,4x10 ⁸	28	7	25	12
Rata-rata	390,6	202,08	314,6	2,4x10 ⁸	28	4,5	10,14	12

Sumber: *Salsabyla Zakkhita Nurmala Devi dan Ipung Fitri Purwanti,2020

**El Khobar dan Sugiharto, 2009

***Muhammad Al Kholif, Joko Sutrisno, dan Ilham Dwi Prasetyo, 2018

Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	Minyak dan Lemak	mg/L	5
2	Amonia	mg/L	10
3	Total Coliform	Jumlah/100mL	3000
4	Debit	L/Orang/hari	100
5	TSS	mg/L	30
6	BOD	mg/L	30
7	COD	mg/L	100
8	pH	-	6-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

2.3 Efisiensi Teknologi

Berikut adalah tabel efisiensi pengolahan dalam pengolahan biologis yang ditunjukkan tabel 2.5 dibawah ini

Tabel 2. 5 Kriteria Beban Hidrolik dan Efisiensi Pengolahan Biologis

No	Metode Pengolahan	Jenis Proses	Efisiensi Pengolahan(%)	Beban Hidrolik/Biologis
1	Proses Lumpur Aktif (<i>Activated Sludge Process, ASP</i>)	Pengolahan Aerobik	85-95	0,3-0,6 kg BOD/m ³ .hari
2	Extended Aeration	Pengolahan Aerobik	75-85	0,1-0,4 kg BOD/m ³ .hari
3	Parit Oksidasi (<i>Oxidation Ditch, OD</i>)	Pengolahan Aerobik	90-95	0,1 – 0,6 kg.BOD/m ³ .hari
4	Kolam Aerasi	Pengolahan Aerobik	>70	0,1 kg BOD/m ³ hari
5	Kolam Aerasi Fakultatif	Pengolahan Aerobik	>90	250 m ³ /m ² hari
6	Kolam Anaerobik (<i>Anaerobic Pond</i>)	Pengolahan Anaerobik	50-70	300-350 g BOD/m ³ .hari
7	<i>Anaerobic Baffled Reactor (ABR)</i>	Pengolahan Anaerobik	70-95	< 3 kg COD/m ³ .hari
8	Filter Anaerobik (<i>Anaerobic Filter</i>)	Pengolahan Anaerobik	70-90	4-5 kg COD/m ³ .hari
9	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)</i>	Pengolahan Anaerobik	70-85	20 m ³ /m ² .hari atau 25 kg COD/m ³ .hari
10	Kolam Stabilisasi	Pengolahan Anaerobik, Fakultatif dan Maturasi	50 - 85	Kolam Anaerob = 4 m ³ / m ² .hari atau 0,3-1,2 kg BOD/m ³ /hari
			80 - 95	Kolam Fakultatif =40-120 kg BOD/ha.hari
			60 - 80	Kolam Maturasi = 0,01 kg/ m ³ .hari
11	<i>Rotating Biological Contactor (RBC)</i>	Pengolahan Aerobik dengan menggunakan beberapa disk	95	0,02 m ³ /m ² .luas media

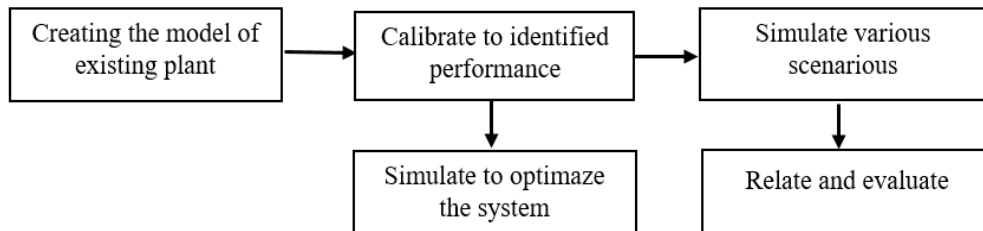
12	Biofilter	Pengolahan Anaerobik dan Aerobik	80-90	Biofilter Anaerob = 5-30 g BOD/m ² .hari Biofilter Aerob = 5-30 g BOD/m ² .hari
13	Bioreaktor Membran (<i>Membran Bioreactor</i> , MBR)	Pengolahan Aerobik dengan menggunakan membran	98-99	0,4-0,7 kg BOD/m ³ .hari
14	<i>Moving Bed Biofilm Reactor</i> (MBBR)	Pengolahan Aerobik dengan menggunakan beribu biofilm	98	7,5-25 g/m ² .hari

2.4 GPS-X

Model merupakan proses evaluasi suatu sistem yang telah ada secara matematika. Maksudnya adalah serangkaian persamaan dan prosedur matematika yang dibentuk variabel dan parameter yang berbeda yang mengacu pada waktu. Sebuah model menganalisis agar teknik periode waktu lebih singkat, dapat mengurangi biaya analisis laboratorium. Dalam IPAL, model digunakan untuk mengevaluasi terhadap gangguan guna untuk menjamin strategi yang lebih baik. Optimasi dan kontrol mengevaluasi beberapa skenario untuk meningkatkan pengoperasian IPAL dan alternatif desain IPAL melalui simulasi. Dalam hal ini, pemodelan dapat mengurangi waktu sebagai evaluasi sebelum dibangun (K.V.Gernaey, M.Henze, M.Lind, S.B. Jorgensen dan M.C.M. van Loosdrecht, 2004).

Software GPS-X merupakan pemodelan multiguna modular yang menggunakan antarmuka pengguna tingkat lanjut untuk memfasilitasi pemodelan dan simulasi dinamis yang dapat di evaluasi tanpa membangun terlebih dahulu. Model simulasi pada perencanaan ini digunakan untuk memberikan alternatif teknologi yang cocok untuk merencanakan SPALD-T dengan unit pengolahan limbah domestik yang tepat. Berikut adalah model biologis yang ada pada GPS-X yaitu ASM, ASM2d, ASM3, Mantis, New General, Dan Comprehensive (Mantis2)

(Hydromantis, 2013). Pemilihan teknologi model bergantung pada proses yang berhubungan dengan informasi data yang tersedia. Gambar 2.3 Berikut adalah langkah-langkah penggunaan *software* GPS-X.

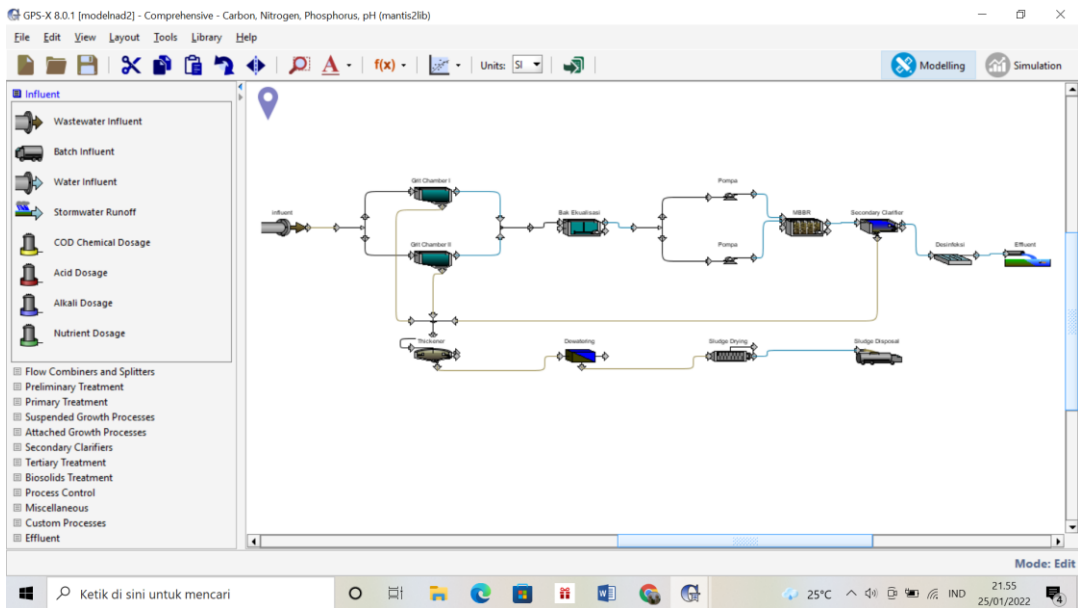


Gambar 2. 3 Skema Penggunaan software GPS-X

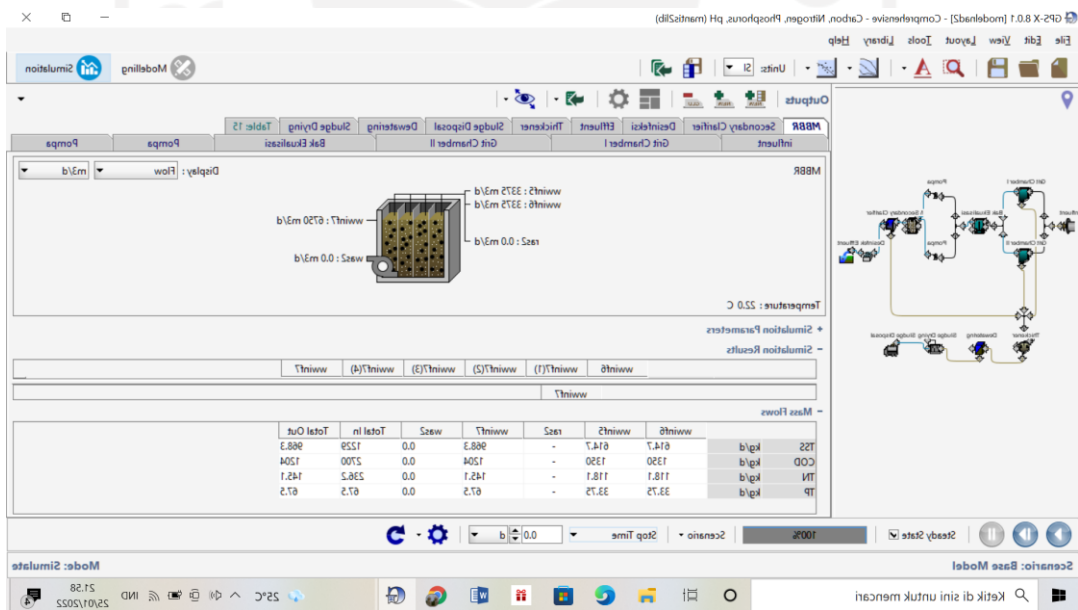
Sumber : Refinery Wastewater Process Modelling with GPS-X

Malcolm Fabiyi & John Joyce, 2016

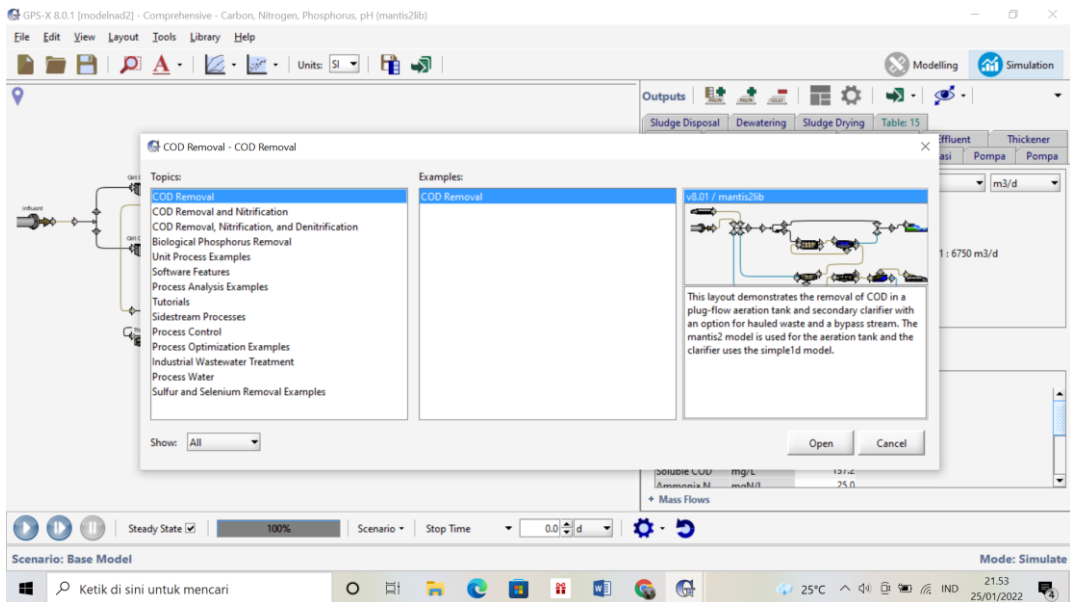
GPS-X mempunyai bermacam fitur perhitungan bonus semacam pembuatan model IPAL yang bisa disajikan dalam wujud sample layout, tabel hasil simulasi, yang dapat mempermudah pengubahan variables jadi model layout (GPS-X *User Guide*). Belum terdapat fitur lain yang sediakan keahlian dan fleksibilitas yang dipunyai oleh GPS-X. GPS-X memanfaatkan teknologi terbaru sepanjang proses pemodelan grafik, pc, simulasi serta beberapa perlengkapan produktivitas buat menyederhanakan model(Jeppsson, 1996). Berikut beberapa gambar yang ditunjukkan fitur GPS-X sebagai berikut



Gambar 2. 4 Creating Model



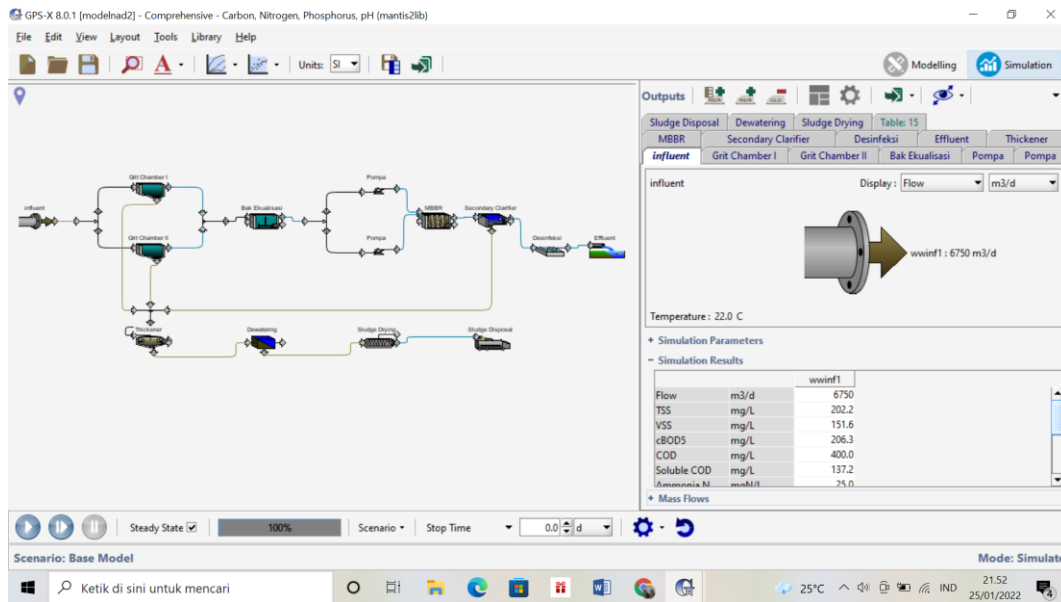
Gambar 2. 5 Quick Panel View



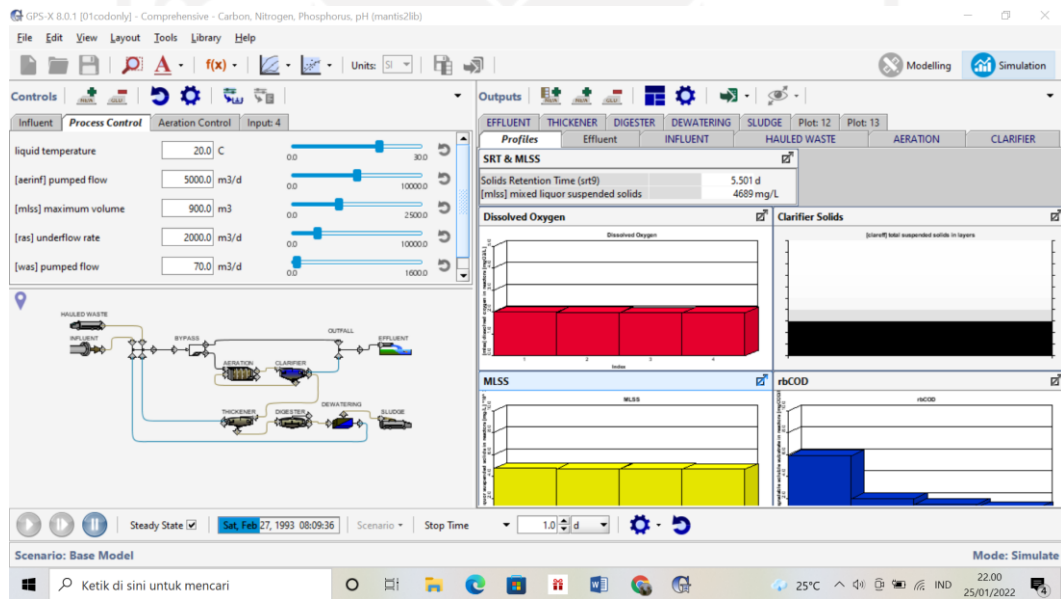
Gambar 2. 6 Sample Layout

	influent	Grit Chamber I			Grit Chamber II			Bak Ekualisasi				Pompa
		wwinf1	wwinf2	wwinf3	m1ss1	4	m1ss2	7	wwinf9	fe3	was4	wwinf10
Flow	m ³ /d	6750	3375	3375	3375	0.06888	3375	0.06888	2000	1994	0.0	6.0
TSS	mg/L	202.2	202.2	202.2	182.2	980000	182.2	980000	490.0	49.0	0.0	147000
VSS	mg/L	1365	682.3	682.3	614.7	67.5	614.7	67.5	980.0	97.71	-	882.3
VSS	kg/d	151.6	151.6	151.6	151.6	0.0	151.6	0.0	294.7	29.47	0.0	88460
Soluble cBOD5	mgO ₂ /L	1023	511.7	511.7	511.7	0.0	511.7	0.0	589.5	58.77	-	530.7
Soluble cBOD5	kg/d	84.03	84.03	84.03	84.03	84.03	84.03	84.03	0.916	0.916	0.0	0.916
cBOD5	mgO ₂ /L	567.2	283.6	283.6	283.6	0.005788	283.6	0.005788	1.832	1.827	-	0.005496
cBOD5	kg/d	206.3	206.3	206.3	206.3	84.03	206.3	84.03	153.1	16.13	0.0	45670
Soluble COD	mgCOD/L	1393	696.3	696.3	696.2	0.005788	696.2	0.005788	306.2	32.17	-	274.0
Soluble COD	kg/d	137.2	137.2	137.2	137.2	137.2	137.2	137.2	21.28	21.28	0.0	21.28
COD	mgCOD/L	926.1	463.0	463.0	463.0	0.00945	463.0	0.00945	42.56	42.43	-	0.1277
COD	kg/d	400.0	400.0	400.0	400.0	137.2	400.0	137.2	483.9	67.54	0.0	138900
Ammonia Nitrogen	kg/d	2700	1350	1350	1350	0.00945	1350	0.00945	967.8	134.7	-	833.1
Ammonia Nitrogen	mgN/L	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	1.024	1.024	0.0	1.024
Nitrite	kg/d	168.8	84.38	84.38	84.37	0.001722	84.37	0.001722	2.048	2.042	-	0.006143
Nitrite	mgN/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.497	4.497	0.0	4.497
Nitrate	kg/d	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.995	8.968	-	0.02698
Nitrate	mgN/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.793	4.793	0.0	4.793
Soluble TKN	kg/d	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.587	9.558	-	0.02876
Soluble TKN	mgN/L	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	2.5	2.5	0.0	2.5
Soluble TKN	kg/d	187.5	93.75	93.75	93.75	0.001913	93.75	0.001913	5.0	4.985	-	0.015
Soluble TKN	mgN/L	35.0	35.0	35.0	35.0	27.78	35.0	27.78	31.11	5.361	0.0	8589

Gambar 2. 7 Simulation Result Tabel



Gambar 2. 8 Simulation Views



Gambar 2. 9 Selecting Control Variables

Pada tiap proses unit, kelengkapan dan karakteristik menjadi tanda dari objek IPAL yang ditentukan sebelumnya. Sejumlah parameter fisik yaitu dimensi asli dari unit, parameter kinetik serta parameter stoikiometri sebagai reaktor biologi sebelum itu harus untuk simulator. Fungsi mendesain, analisis, dan mengintensifkan IPAL dengan GPS-X yaitu membedakan beberapa desain IPAL,

memverikasi kapasitas pabrik yang ada, memisahkan dan mengukur penyumbatan dalam cairan *solids line*, menilai kemampuan peningkatan debit limbah, mengidentifikasi strategi minim pengeluaran (*energy usage, reduction, etc.*), mengevaluasi dampak teknologi terbaru serta mendukung peraturan yang ditetapkan pemerintah (Serdarevic et.al., 2016).

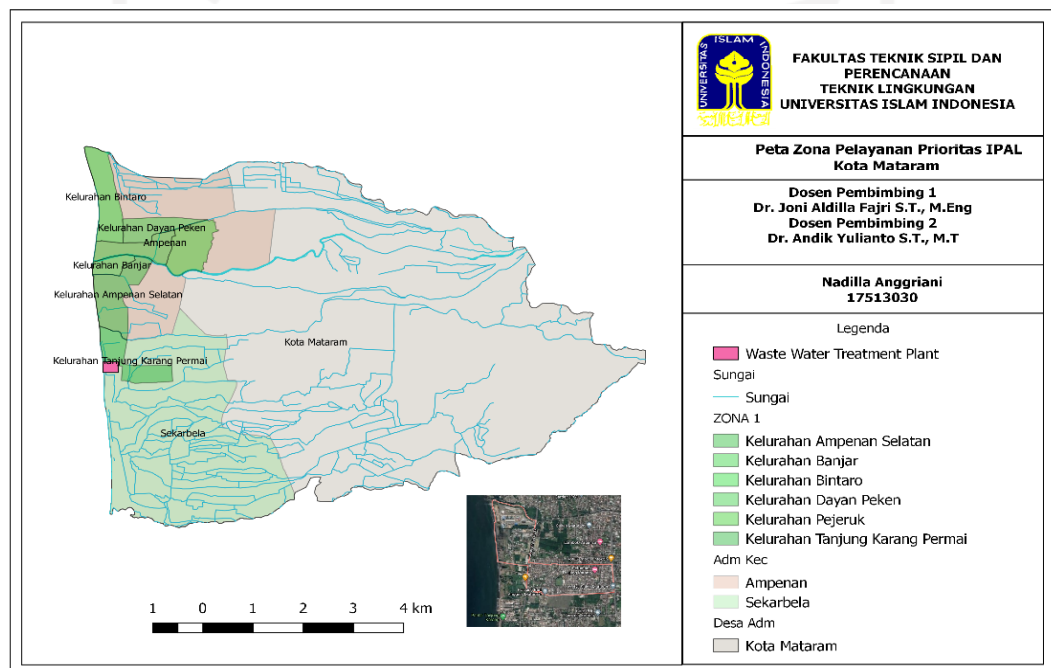


BAB III

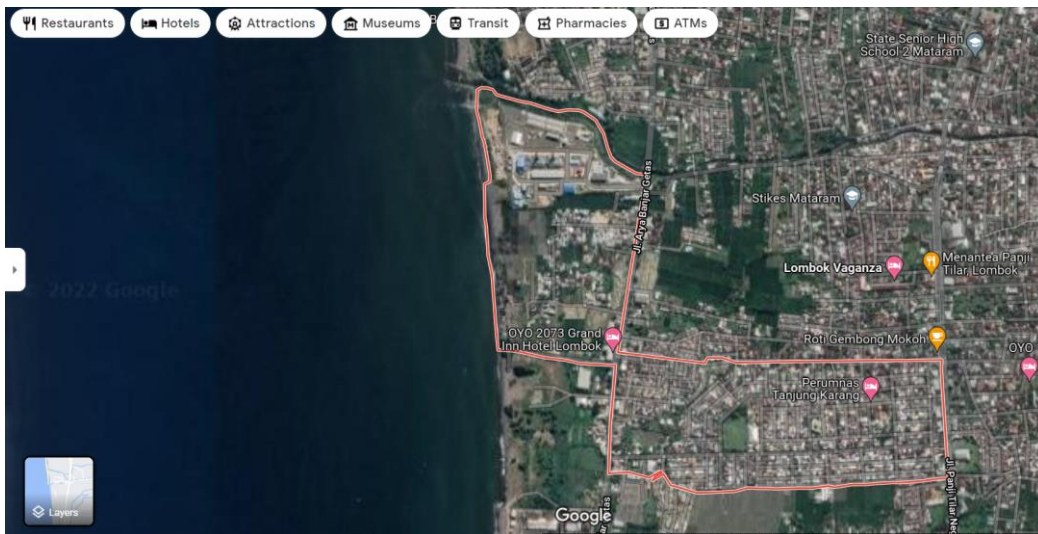
KRITERIA DESAIN DAN METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan berada di zona pelayanan 1 Kecamatan Sekarbela Kelurahan Tanjung Karang Permai yang ditunjukkan pada gambar peta 3.1. Lokasi yang dipilih merupakan lokasi strategis dapat berkembang baik maupun jangka pendek maupun jangka panjang.



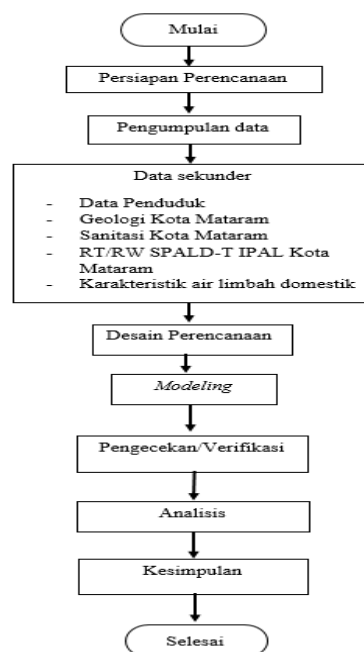
Gambar 3. 1 Lokasi dan Pelayanan IPAL



Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan Via Satelit

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder, setelah itu melakukan desain perencanaan dan mengevaluasi perencanaan IPAL model sesuai perencanaan. Adapun diagram alir metode penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Skema Perencanaan

3.3 Analisis Data

Pada tahapan analisis dan pengolahan data dilakukan setelah mendapatkan data sekunder analisis perencanaan SPALD-T di Kota Mataram meliputi beberapa tahapan berikut :

- Analisis kelayakan sanitasi Kota Mataram
- Pembagian Zona Pelayanan
- Proyeksi Penduduk
- Pemilihan Teknologi
- Desain IPAL
- *Modeling* sistem IPAL menggunakan *software* GPS-X

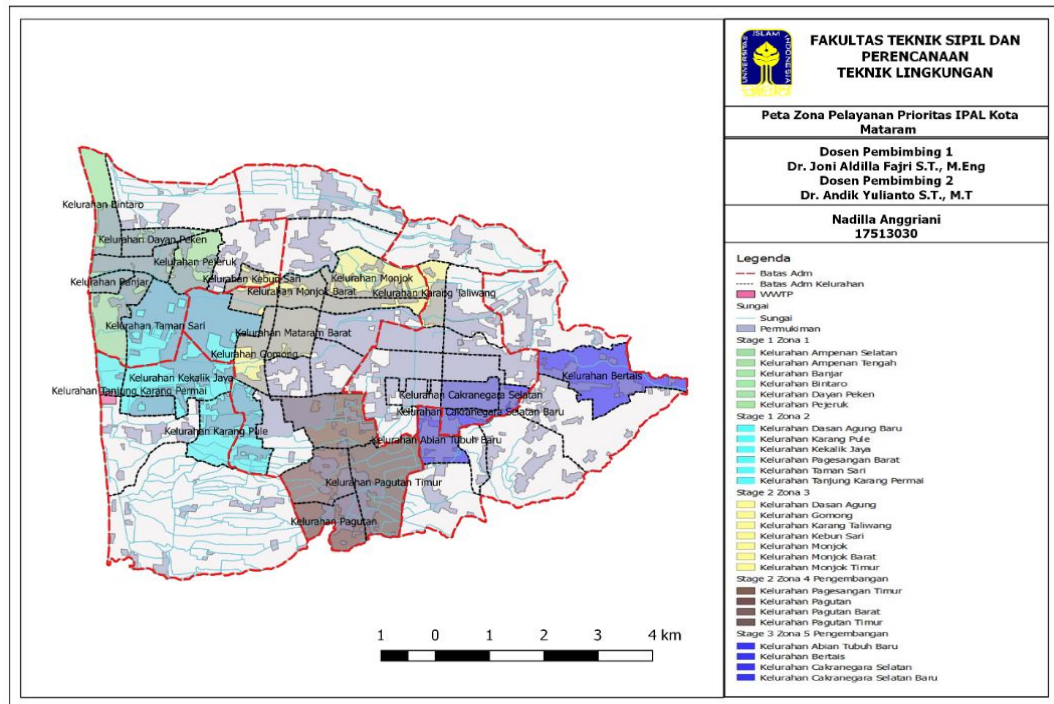
Data Sekunder melengkapi informasi yang diinginkan seperti BPS untuk mengetahui jumlah penduduk yang berada di Kota Mataram, data instansi, dan jurnal. Acuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PERMENPUPR No. 4 Tahun 2017. Data yang dikumpulkan akan dikelompokkan berdasarkan data yang didapat.

3.4 Zona Pelayanan

Zona pelayanan berada di semua lingkup di Kota Mataram, pembagian zona pelayanan SPALD-T di Kota Mataram terbagi 3 zona yaitu pada tabel 3.1 dan gambar 3.4 berikut:

Tabel 3. 1 Pembagian Zona 1, Zona 2, Dan Zona 3 Pelayanan

No.	Zona Pelayanan	Wilayah Administrasi
1	Zona 1	Kecamatan Ampenan
2	Zona 2	Kecamatan Sekarbela
3	Zona 3	Kecamatan Selaparang, Kecamatan Cakranegara
4	Zona 4	Kecamatan Mataram
5	Zona 5	Kecamatan Sandubaya



Gambar 3. 4 Peta Zona Pelayanan Prioritas IPAL Kota Mataram

3.5 Periode Perencanaan

Proyeksi perencanaan pelayanan SPALD-T di Kota Mataram direncanakan untuk 15 tahun ke depan. Pada 5 tahun pertama kedepan sebagai zona prioritas, 5-10 tahun kedepan sebagai arah pengembangan dan 10-15 tahun sebagai arah pengembangan perencanaan Kota dengan lingkup semua area termasuk pelayanan domestik dan non-domestik.

3.6 Proyeksi penduduk

Menghitung proyeksi penduduk menggunakan 3 metode yaitu metode geometrik, aritmatik, dan *least square*. Untuk menghitung proyeksi penduduk terlebih dahulu menghitung jumlah K_a

$$K_a = \frac{\text{jumlah penduduk tahun akhir} - \text{jumlah penduduk tahun awal}}{\text{tahun akhir} - \text{tahun awal}}$$

a. Metode Aritmatik

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

b. Metode Geometrik

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

c. Metode *Least Square*

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

Tabel 3. 2 Jumlah Penduduk 10 Tahun Terakhir Kota Mataram

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Pertumbuhan Penduduk	
		Jiwa	Persen
2011	406910	0	0,00%
2012	413210	6300	1,52%
2013	431876	18666	4,32%
2014	441064	9188	2,08%
2015	450226	9162	2,03%
2016	459314	9088	1,98%
2017	468509	9195	1,96%
2018	477476	8967	1,88%
2019	486715	9239	1,90%
2020	991362	504647	50,90%
Jumlah	5026662	584452	69%
Rata- rata	502666,2	58445	6,9%

a. Pertambahan Penduduk Rata-rata Tiap Tahun

$$r = 6,9\% / 9$$

$$r = 0,76\%$$

b. Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk Kota Mataram 15-20 tahun yang akan datang

$$P_n = P (1+n)^n$$

$$P_{20} = 991362 (1 + 0,0076)^{20}$$

$$P_{20} = 1153916 \text{ Jiwa}$$

Jumlah penduduk Kota Mataram dari tahun 2020-2040 dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Proyeksi Penduduk Kota Mataram tahun 2020-2040

Proyeksi Aritmatik		
No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	2020	991362
2	2021	998917
3	2022	1006529
4	2023	1014200
5	2024	1021929
6	2025	1029717
7	2026	1037564
8	2027	1045471
9	2028	1053438
10	2029	1061466
11	2030	1069555
12	2031	1077706
13	2032	1085919
14	2033	1094195
15	2034	1102533
16	2035	1110935
17	2036	1119401
18	2037	1127932
19	2038	1136528
20	2039	1145189
21	2040	1153916

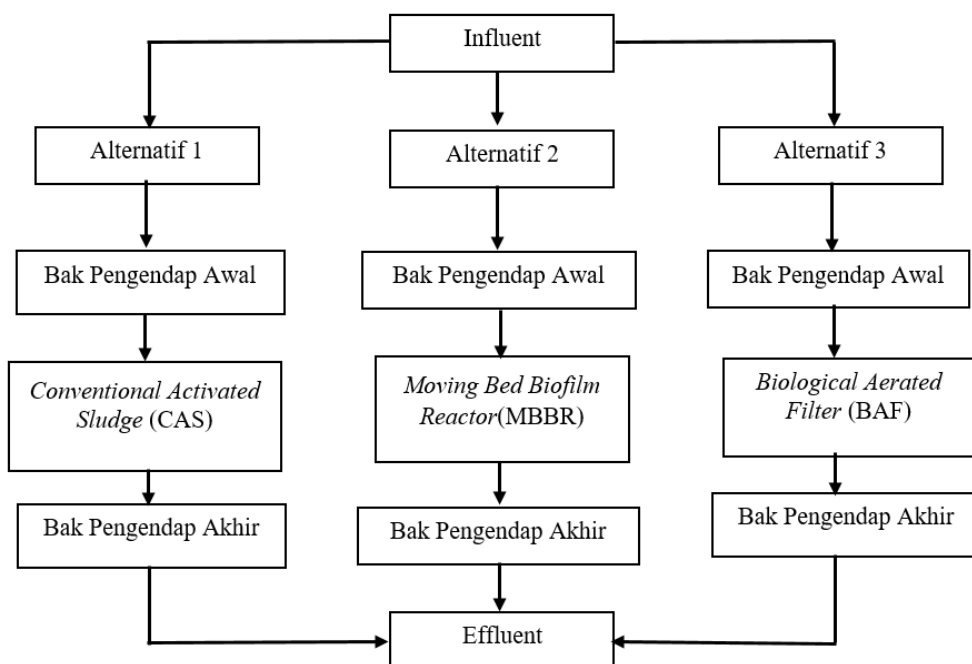
3.7 Acuan Perencanaan

Acuan perencanaan mengacu pada PEREMEN PUPR No.4 Tahun 2017 tentang penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. Penentuan lokasi IPAL mempertimbangkan beberapa hal berikut ini yaitu, perencanaan jangka panjang dan jangka menengah kota(RTRW/Renstra/masterplan) ketersediaan dan kondisi lahan seperti topografi dan administrasi; ketinggian muka air banjir; bisa meningkat pada saat perencanaan jangka panjang; akses jalan memadai untuk pemeliharaan dan operasi; jarak yang tidak terlalu dekat dengan permukiman agar terhindar dari bau dan estetika lingkungan; tidak ada penolakan masyarakat sekitar.

3.8 Alternatif Pengolahan

3.8.1 Teknologi Alternatif Pengolahan

Pengolahan air limbah yang akan direncanakan adalah menggunakan beberapa alternatif teknologi, yaitu *Conventional Activated Sludge (CAS)*, *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*, dan *Biological Anaerobic Filter (BAF)*. Alternatif teknologi perencanaan dan *modeling* SPALD-T Kota Mataram ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut



Gambar 3. 5 Alternatif Teknologi Perencanaan

3.8.2 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan

Pertimbangan Teknologi pengolahan air limbah dipilih berdasarkan kemudahan proses operasional, ketersediaan lahan, biaya operasional, dan karakteristik air limbah. Berikut adalah perbandingan efisiensi removal dan kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif teknologi yang ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Kelebihan Kekurangan Alternatif Teknologi IPAL

No	Parameter	<i>Conventional Activated Sludge (CAS)</i>	<i>Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)</i>	<i>Biological Aerated Filter (BAF)</i>
1	Efisiensi removal	Efisiensi Pengolahan : 85-95%	Efisiensi pengolahan : 98%	Efisiensi pengolahan: 80-90%
2	Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> - Kualitas hasil olahan terutama pH dan kandungan oksigen lebih bagus - Kebutuhan lahan yang dibutuhkan kecil - Kandungan polutan organik BOD dan COD tidak terlalu tinggi yaitu dibawah 3000 mg/l - Konsentrasi BOD pada air hasil olahan mencapai lebih rendah dari 25 mg/l 	<ul style="list-style-type: none"> - Perawatan dan operasional mudah dengan sistem biofilm mudah dan tidak perlu melakukan pengembalian lumpur dan mengatur F/M rasio - Lahan yang diperlukan tidak luas - Tidak membutuhkan biaya yang besar - Menggunakan media yaitu membuat aerasi yang besar agar udara mampu melewati media yang dimasukkan kedalam reaktor aerasi - Efisiensi pengolahan BOD dan nitrifikasi tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Maksimal dalam menurunkan zat organik(BOD,COD) amonia, detergen, phospat, dan lainnya.

			- Hasil lebih optimal	
3	Kekurangan	- Kebutuhan energi tinggi pada aerasi	- Penggantian media yang sudah jenuh secara rutin	- Pencucian media secara berkala - Tenaga yang dibutuhkan besar pada proses aerasi di bak kontaktor aerob

3.8.3 Alternatif Teknologi Terpilih

Sistem pengolahan air limbah domestik terpusat yang akan direncanakan adalah teknologi MBBR sesuai dengan skoring tertinggi pada tabel 4.2 yaitu sebesar 2,45. *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) adalah perbaharuan teknologi pengolahan biologis dari *activated sludge* dan *biological aerated filter* (Kermani,dkk 2008). MBBR efisien menurunkan senyawa organik serta oksigen karena dapat menyatukan keunggulan dari sistem *attached growth* dan *suspended growth*. Pertumbuhan biomassa dapat tumbuh maksimal di media biofilm di dalam limbah cair tersebut. Pengoperasian media harus dijaga agar udara dalam tersirkulasi dalam reaktor. Biomassa pada MBBR 90% lebih besar tumbuh dan berkembangbiak di dalam media. (Kawan, et al., 2016). Efisiensi pengolahan MBBR proses pengolahan aerobik dengan biofilm, beban hidrolis 7,5-25 g/m².hari dan efisiensi pengolahan 98%.

3.9 Kriteria Desain MBBR

Tabel 3. 5 Tipikal Removal Flux untuk BOD, Nitrifikasi dan Denitrifikasi

No	Aplikasi	Substrat	Laju Penyisihan Volumetrik (Kg/m ³ .hari)	Removal Flux (g/m ² . hari)
1	Nitrifikasi	NH ₄ -N	0,1-0,4	0,4-1,4
2	Predenitrifikasi	NO ₃ -N	0,1-0,3	0,2 – 1,0
3	Denitrifikasi	NO ₃ -N	0,3-0,6	1-2
4	Penyisihan BOD Sebagian	BOD	4,5-6,0	15-20
5	Pengolahan kedua	BOD	1,7-5,0	5-15
6	Pre-nitrifikasi	BOD	1,2-1,5	4-5

Sumber: Metcalf & Eddy, 2014

Tabel 3. 6 Kriteria Desain Moving Bed Biofilm Reactor

No	Parameter	Units	Value
1	BOD SALR	g/m ² .d	7,5-25
2	COD SALR	g/m ² .d	15-50
3	NH ₄ -N SALR	g/m ² .d	0,45-1
4	HRT Anoksik	Jam	0,5-2,0
5	HRT Aerobik	Jam	1-4
6	Luas Permukaan Biofilm Elemen Permukaan	m ² /m ³	500 -1200
7	Biomassa/Unit Luas Permukaan	g TS/m ²	5-25
8	Secondary Clariefier Overflow Rate	g pd/ft ²	200-600

Sumber : John Brinkley et al, n.d

Tabel 3. 7 Tipikal Parameter Desain Proses MBBR

	Parameter	Units	Value
1	Waktu detensi anoksik	Jam	1-1,2
2	Waktu detensi aerobik	Jam	3,5-4,5
3	Luas biofilm	m/m ³	200-250
4	Beban BOD	Kg/m ³ .day	1-1,4

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Tabel 3. 8 Tipikal Parameter Operasi MBBR

	Parameter	Units	Value
1	Luas Biofilm	m ² /m ³	300-350
2	Beban BOD	Kg/m ³ .day	4-7
3	Konsentrasi MLSS	mg/L	3500-4500

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Pemilihan Teknologi

Berdasarkan hasil *scoring* pemilihan teknologi alternatif yaitu *Conventional Activated Sludge* (CAS), *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), dan *Biological Anaerobic Filter* (BAF) nilai tertinggi diraih oleh MBBR dengan skor sebesar 2,45. Faktor yang mempengaruhi MBBR sebagai pilihan utama dan lebih unggul dari CAS dan BAF adalah Teknologi *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) tidak membutuhkan lahan yang luas, dengan gangguan bau yang sedikit alat yang digunakan pun tidak menimbulkan kebisingan. Teknologi MBBR memiliki kemudahan dalam pengoperasian yaitu pada sistem biofilm mudah dan tidak perlu melakukan pengembalian lumpur dan mengatur F/M rasio.

Tahapan konstruksi pada unit pengolahan MBBR fleksibel dan sederhana. MBBR menggunakan media aerasi yang besar sehingga udara mampu melewati media yang dimasukkan kedalam reaktor aerasi. Teknologi MBBR sangat efisiensi dalam pengolahan BOD dan nitrifikasi sehingga hasilnya lebih optimal.

Penentuan teknologi pengolahan air limbah domestik adalah dengan metode skoring. Total pembobotan adalah sebesar 100%. Metode skoring skor spesifik setiap pengolahan dengan memberikan skor 1 sampai 5 sesuai dengan kriteria. Berikut adalah tabel keterangan range yang ditunjukkan tabel 4.1

Tabel 4. 1 Keterangan Range

No.	Range	Keterangan
1		Sangat Buruk
2		Buruk
3		Sedang
4		Baik
5		Sangat Baik

Perhitungan skor total didapat yaitu dengan Pada tabel 4.2 penentuan skoring pada teknologi SPALD dengan skor tertinggi adalah teknologi *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) yaitu dengan jumlah skoring sebesar 2,45.

Tabel 4. 2 Scoring Teknologi IPAL

Kriteria Seleksi	Faktor Pembobotan	Skor 0 (Rendah)-5(Tinggi)			Faktor Pembobotan x		
		CAS	MBBR	BAF	CAS	MBBR	BAF
Perencanaan Kota							
Luas IPAL	8%	2	3	3	0,16	0,24	0,24
Gangguan Berupa Bau dan Bising	5%	2	2	3	0,1	0,1	0,15
Desain dan Konstruksi							
Tahapan Pembangunan	10%	2	3	3	0,2	0,3	0,3
Struktur dan Peralatan mekanik yang sederhana	5%	2	2	1	0,1	0,1	0,05
Kebutuhan Peralatan dan Mekanik dan Elektrikal	5%	2	1	2	0,1	0,05	0,1
Pembiayaan							
Biaya Investasi	5%	2	3	1	0,1	0,15	0,05
Biaya Operasi	5%	2	2	2	0,1	0,1	0,1
Operasi dan Perawatan							
Kemudahan Operasi	17%	2	3	2	0,34	0,51	0,34
Kemudahan Perawatan	15%	3	2	2	0,45	0,3	0,3
Kinerja							
Sensitif Terhadap Kualitas Influen	5%	3	3	3	0,15	0,15	0,15
Kepatutan Terhadap Baku Mutu Lingkungan	5%	3	2	2	0,15	0,1	0,1
Lumpur yang Dihasilkan	10%	2	3	3	0,2	0,3	0,3
Reliabilitas Kinerja	5%	3	1	2	0,15	0,05	0,1
Total	100%	30	30	29	2,3	2,45	2,28

4.2. Debit Limbah

Sebesar 80% debit air limbah di asumsikan penggunaan air bersih yang dikonversikan menjadi air limbah. Penggunaan air bersih rata-rata Kota Mataram tahun 2019 setelah diproyeksikan yaitu 150 Liter/Orang/Hari. Persamaan yang

dapat dihitung air limbah yang dihasilkan per rumah pada area terbangun yaitu sebagai berikut:

- Jumlah penduduk x 70-80%

$$279261 \times 80\% = 2234088 \text{ jiwa}$$

$$\text{Kebutuhan air bersih} = 2234088 \text{ jiwa} \times 150 \text{ jiwa/hari}$$

$$= 33511 \text{ L/hari}$$

$$\text{Debit Timbulan air limbah} = 33511 \text{ L/hari} \times 80\%$$

$$= 26808 \text{ m}^3/\text{hari}$$

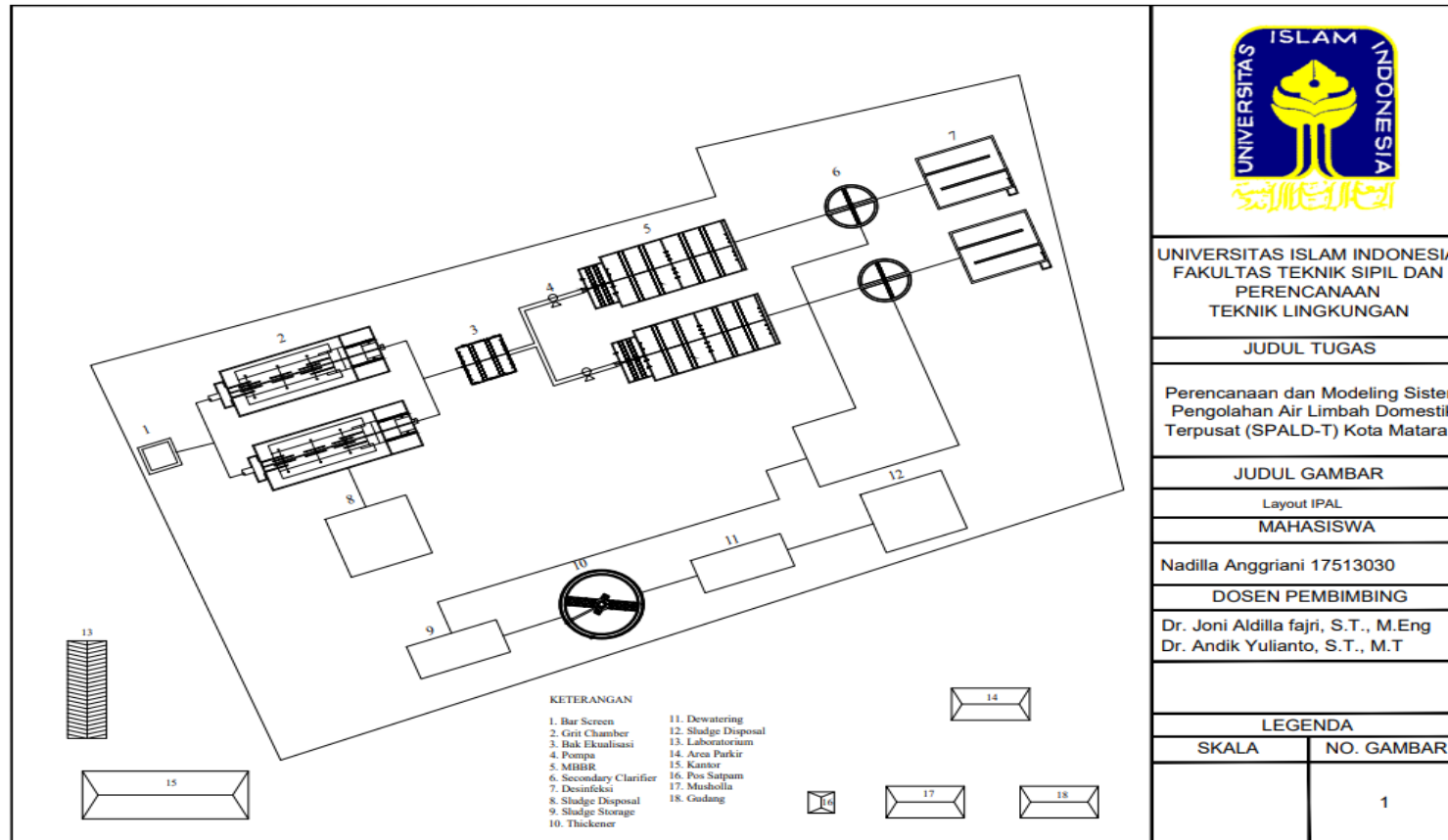
$$\frac{\text{Timbulan air limbah}}{3 \text{ stage}} = \frac{26808 \text{ m}^3/\text{hari}}{3 \text{ stage}}$$

$$= 8936 \text{ m}^3/\text{hari} / \text{stage} = 9000 \text{ m}^3/\text{hari}/\text{stage}$$

Tabel 4. 3 Debit Puncak Dan Debit Rata-Rata

Aspek	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Q_{rata-rata}	9000	18000	27000
Q_{puncak}	13500	27000	40500

4.3 Layout IPAL



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
 Pengolahan Air Limbah Domestik
 Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Layout IPAL

MAHASISWA

Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA

NO. GAMBAR

1

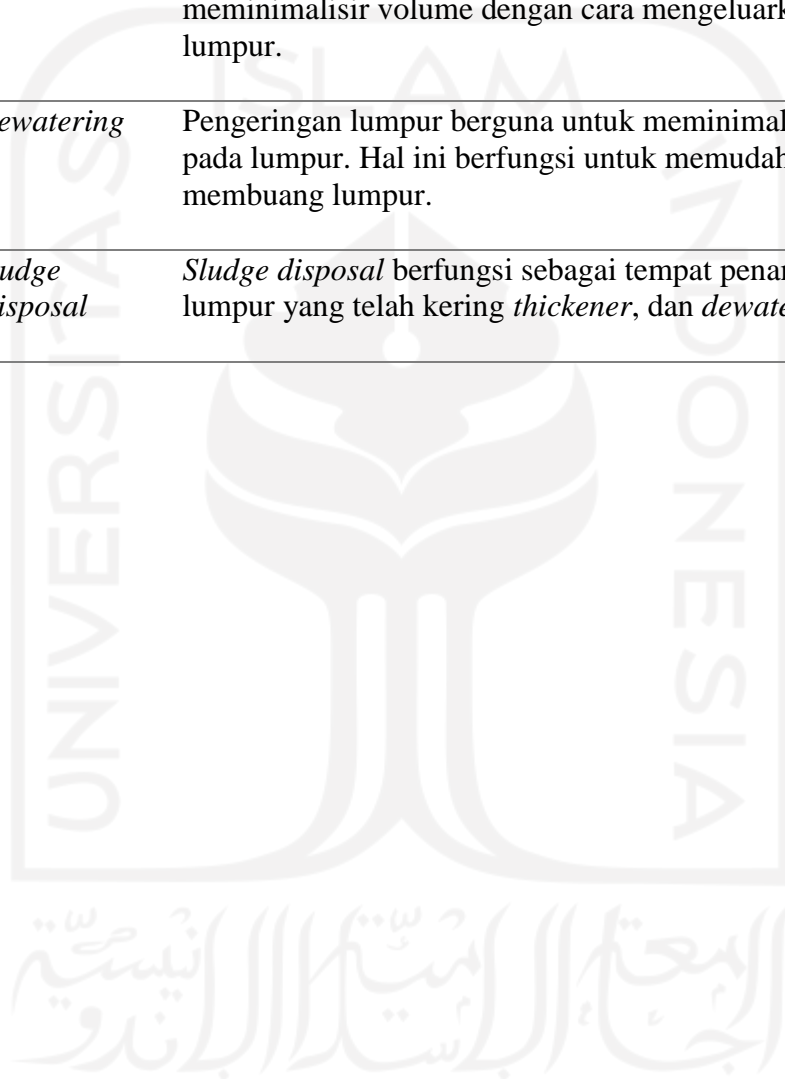
Keterangan :

1. Bar Screen
2. Bak Ekualisasi
3. Pompa
4. MBBR
5. Secondary Clarifier
6. Desinfeksi
7. Sludge Disposal
8. Sludge Storage
9. Thickener
10. Dewatering
11. Sludge Disposal

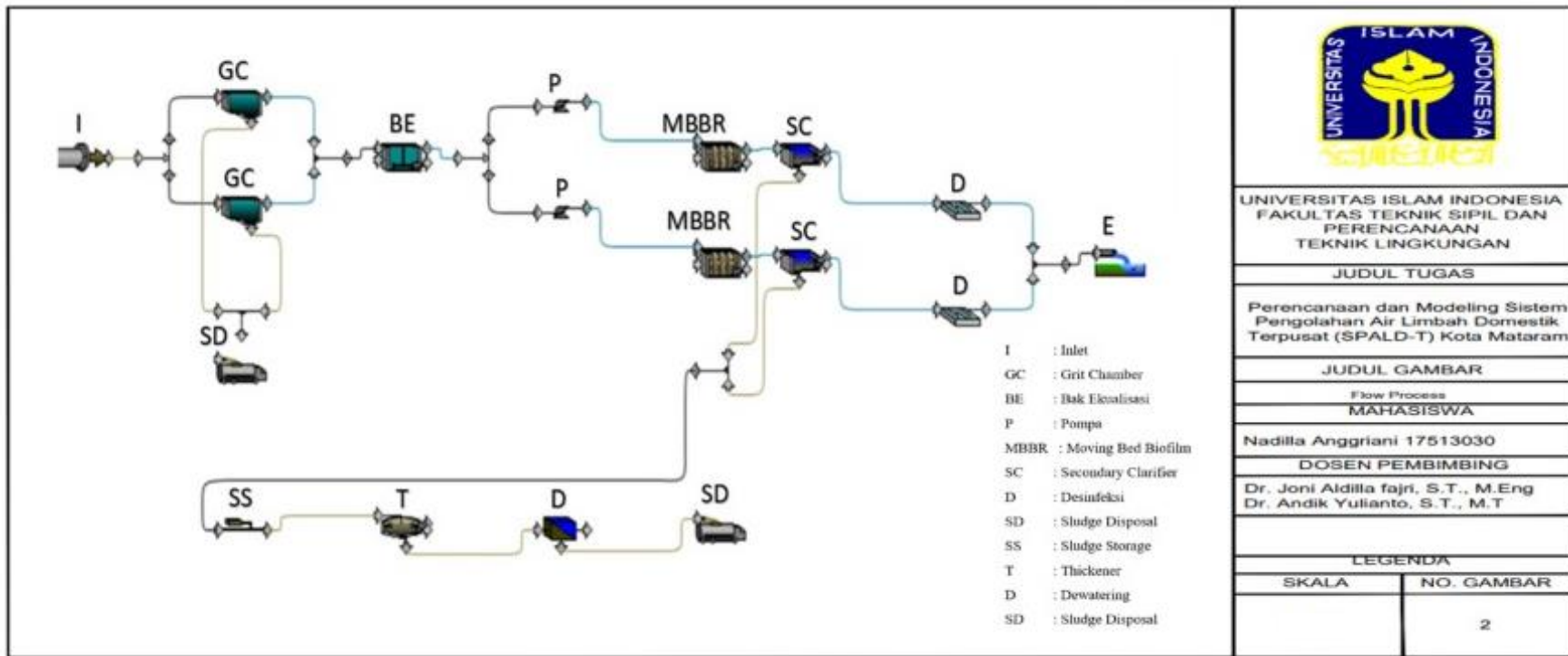
Tabel 4. 4 Penjelasan Layout IPAL

No.	Unit	Keterangan
1	<i>Bar Screen</i>	<i>Bar screen</i> yang digunakan adalah <i>mechanical screen</i> sehingga secara otomatis membersihkan saringan sampah baik sampah kecil maupun sampah besar.
2	<i>Grit Chamber</i>	Menyaring partikel halus, akibat yang ditimbulkan apabila tidak disaring akan menyebabkan <i>clogging</i> .
3	<i>Sludge Disposal</i>	<i>Sludge disposal</i> berfungsi sebagai tempat penampung lumpur yang dihasilkan dari bak ekualisasi.
4	Bak Ekualisasi	Bak ekualisasi berfungsi sebagai bak penampung dan sebagai bak kontrol.
5	Pompa	Pompa berfungsi memompa air menuju <i>clarifier</i> . Pompa yang digunakan adalah pompa <i>submersible</i> . Kapasitas pompa untuk 2 pompa adalah 3,125 m ³ /min/pompa, sedangkan kapasitas 4 pompa adalah 6,25 m ³ /min.
6	MBBR	MBBR merupakan pengolahan biologis. Sistem MBBR menumbuhkan bakteri pada media plastik dengan luas permukaan yang besar.
7	<i>Secondary Clarifier</i>	<i>Secondary clarifier</i> mengendapkan lumpur dengan menghilangkan kandungan <i>suspended solid</i> . Endapan tersebut mengasihkan endapan berupa sludge pada dasar unit.
8	Desinfeksi	Desinfeksi berfungsi sebagai penghilang mikroorganisme patogen dalam air contohnya adalah <i>E-coli</i> .

9	<i>Sludge Storage</i>	<i>Sludge storage</i> berfungsi sebagai tempat penampung lumpur yang dihasilkan dari <i>grit chamber</i> , bak ekualisasi, <i>secondary clarifier</i> , dan MBBR.
10	<i>Thickener</i>	<i>Thickener</i> atau pengentalan lumpur untuk meningkatkan konsentrasi padatan yang ada pada lumpur dan meminimalisir volume dengan cara mengeluarkan air pada lumpur.
11	<i>Dewatering</i>	Pengeringan lumpur berguna untuk meminimalisir kadar air pada lumpur. Hal ini berfungsi untuk memudahkan pada saat membuang lumpur.
12	<i>Sludge Disposal</i>	<i>Sludge disposal</i> berfungsi sebagai tempat penampung lumpur yang telah kering <i>thickener</i> , dan <i>dewatering</i> .



Flow Process IPAL



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Flow Process
 MAHASISWA

Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA	NO. GAMBAR
	2

4.4 Perhitungan Desain

4.4.1. Mechanical Screen

Bar Screen perencanaan IPAL Kota Mataram menggunakan tipe *corse screen* mekanikal. Saringan dibersihkan secara otomatis. Dalam melakukan perencanaan hal yang harus diperhatikan adalah data awal, kriteria desain hitungan *mechanical screen* sebagai berikut

Tabel 4. 5 Kriteria Desain Unit Penyaringan

Parameter	Symbol	Units		Value
		Manual	Mechanical	
Kecepatan aliran lewat bukaan	V	0,3-0,6	0,6-1	m/det
Ukuran penampang batang				
Lebar	W	4-8	8-10	mm
Tebal	L	25-50	50-75	mm
Jarak	b	25-75	10-50	mm
Pembukaan				
Kemiringan terhadap horizontal	α	45-60	75-85	Derajat
Kehilangan tekanan lewat bukaan	HL _{bukaan}	150	150	mm
Kehilangan tekanan max(cloging)	HL _{maksimum}	800	800	mm

Data Desain		
Qratarata	4500	m ³ /d
Qpuncak	6750	m ³ /d
lebar Channel	1,5	m
kedalaman	1,5	m
panjang (4-5)	4-5	m
Kecepatan Aliran(Va)	0,6	m/s
Jarak Kisi(S)	0,03	m
jumlah unit	1	unit

Dimensi		
lebar	1,5	m
kedalaman	1,5	m
panjang	5	m
overflow	50625	m ³ /d
menggunakan 2 channel	13500	m ³ /d
luas area	7,5	m ²

$A_c = Q / V_a$	11250	m ²
w =	7500	
w =	87	m
d = w x lebar channel	130	m
d = 184/1	184	m
$A_s = d / \sin 70$	196	m ²
A_{net}	147	m ²
$V_b = V_a \times 184 / A_{net}$	245,3	m/s
$\lambda h = V_b^2 - V_a^2 / 2 \times 9,81$	4384,650	m
$n = W + S / T + S$	87	buah
luas area = P x L	7,5	m ²
dimensi channel		
overflow = Luas area / debit	50625	m ² /m ³
menggunakan 2 channel	13500	
HRT	2,4	Min

4.4.2. Grit Chamber

Grit Chamber merupakan pengolahan yang berfungsi menyisahkan material padatan berupa pasir dalam air limbah domestik. Fungsi penyisihan agar operasional peralatan mekanik seperti pompa dari keausan tidak perlu, tidak terjadinya penyumbatan pipa, penumpukan saluran, mencegah efek digester lumpur dan tangki pengendapan pertama, mengurangi akumulasi bahan inert di kolam aerasi dan digester lumpur yang membuat proses menjadi terganggu. Kriteria desain hitungan *grit chamber* sebagai berikut

Tabel 4. 6 Kriteria Desain Unit *Grit Chamber*

Faktor Rencana	Kriteria	Keterangan
Dimensi Kedalaman,(m)	2-5	1. Jika diperlukan untuk menangkap pasir halus(0,21 mm) gunakan td yang lebih lama.
Panjang (m)	7,5-20	
Lebar (m)	2,5-7	2. Lebar disesuaikan juga untuk peralatan pengeruk pasir mekanik, kalau terlalu lebar dapat digunakan <i>buffle</i> pemisah aliran untuk mencegah aliran pendek.
Rasio lebar/dalam	1:1 s/d 5:1	
Rasio panjang/lebar	2,5:1s/d 5:1	
Kecepatan Aliran,(m/det)	0,6-0,8	Di permukaan air
Waktu detensi pada aliran puncak(menit)	2-5	
Suplai udara(liter/det panjang tangki)	5-12	Jika menggunakan <i>aerated grit chamber</i>

Data Desain	
Qratarata	4500 m ³ /d
Qpuncak	6750 m ³ /d
jumlah unit	1 unit

Dimensi

lebar	4 m
panjang	1,5 m
tinggi air	3 m
tinggi bangunan	4 m
Luas Area	6 m ²

Volume tiap bak	
$V = Q_p \times t_d$	14 m ³
$A = V / H_{air}$	4,7 m ²
$Across = Q / V_{horizontal}$	22500 m ²
tinggi muka air maks(d)	
$d = V / A_{surface}$	3 m
Lebar bak(w)	
$w = Across / d$	7500 m
Panjang(p)	
$p = A_{surface} / w$	0,0006 m
Volume = p x w x d	14 m ³
waktu detensi debit maks	
$t_d = volume / Q_p$	3 min
$OR = Q_p / A_{surface}$	1440 m ³ /m ² .hari

4.4.3. Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi berguna untuk mencegah terjadinya shock loading yang dapat berdampak buruk bagi pengolahan selanjutnya. Kriteria desain hitungan *bak ekualisasi* sebagai berikut

Tabel 4. 7 Kriteria Desain Unit Bak Ekualisasi

Parameter	Simbol	Besaran	Units	Sumber
Waktu detensi	t_d	<2	Hours	Metcalf&Eddy, 1991
Kecepatan aliran	V	0,3-3	m/det	Qasim. 1985

Slope bak	S	1:1	-	Qasim,1985
kedalaman	H	1-3*	meter	-

Ket: * < 3 meter maka tangki ekualisasi membutuhkan pengaduk seperti aerator atau pengaduk hidrolis

Data Desain	
Qratarata	4500 m ³ /d
Qpuncak	6750 m ³ /d
HRT	3 Jam
Jumlah unit	1 unit

Dimensi	
lebar	4 m
panjang	1,5 m
tinggi air	3 m
tinggi bangunan	4 m
Luas Area	6 m²

volum bak pengumpul	
$V = Q \times t_d$	94 m ³
luas area bak pengumpul	
$A = V/H$	31 m ²
Panjang 2 L	
Lebar L	
$2 L^2$	
luas area /2	16 Panjang
	4 Lebar
HRT	30 min

4.4.4. Pompa

Pompa yang digunakan adalah *submersible* menuju *mechanical bar screen*. Total keseluruhan pompa 4 dan 2 sebagai cadangan. Kapasitas pompa untuk 2 pompa adalah 3,125 m³/min/pompa, sedangkan kapasitas 4 pompa adalah 6,25 m³/min.

Data Desain	
Qratarata	4500 m ³ /d
Qpuncak	6750 m ³ /d

jumlah unit Pompa	2 unit
-------------------	--------

Dimensi	
lebar	4 m
panjang	6 m
tinggi air	3 m
tinggi bangunan	4 m
Luas Area	48 m ²

Daya pompa(p)		
Whp = $1000 \times Q \times H / 75$	270000	hp
Bhp = Whp / 70%	385714	bhp
Pompa	9000	m ³ /d
	6,25	m ³ /min
2 pompa	3,125	m ³ /min
masing masing pompa	3,125	m ³ /min/pompa
4 pompa	6,25	m ³ /min
HRT	15	Min

4.4.5. MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*)

MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*) berguna untuk mengendapkan lumpur dari secondary clarifier. Kriteria desain Hitungannya sebagai berikut

Tabel 4. 8 Kriteria Desain Unit MBBR

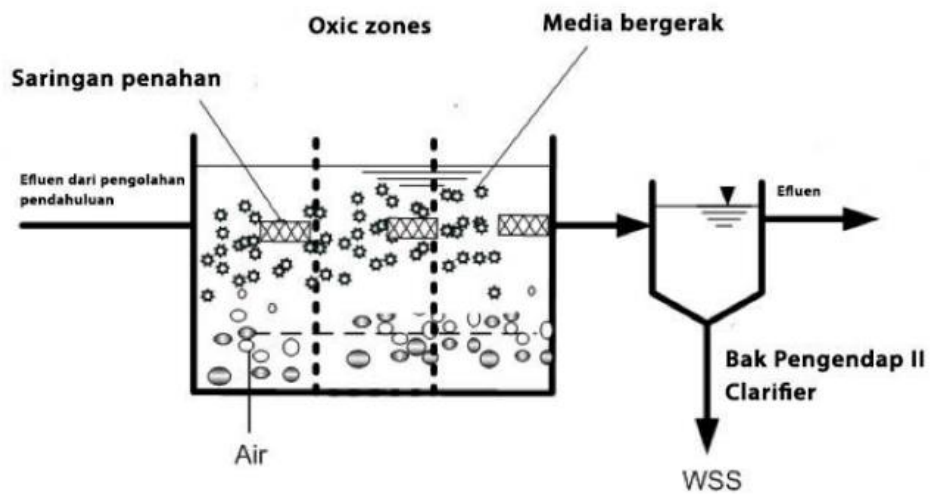
No.	Kriteria	Units	Value
1	Anoxic HRT	Hours	0,5-2
2	Aerobic HRT	Hours	1-4
3	Biofilm Surface Area	m ² /m ³	500-1200
4	Biomass/Units Surface Area	gTS/m ²	5-25
5	BOD SALR	gTS/day	7,5-25
6	COD SALR	gTS/day	15-50
7	NH ₄ -N SALR	gTs/day	0,45-1

Keterangan desain:

*keterangan desain berdasarkan debit rata-rata

**SALR(*Surface Area Loading Rate*)

Sumber: Brinkley J, et all, 2007



Gambar 4. 1 Skema Proses Moving Bed Biofilm Reactor

MBBR memanfaatkan proses *aerobic* dan *anoxic* adalah untuk mengolah nitrogen melalui nitrifikasi dan denitrifikasi. Proses reaktor *anoxic* di dalamnya adalah denitrifikasi. Jumlah reaktor yang digunakan dalam unit MBBR adalah hanya satu reaktor, penggunaan satu reaktor *aerobic*, nitrifikasi dan *anoxic*. Perencanaan unit MBBR dalam satu reaktor adalah untuk menurunkan konsentrasi nitrogen dan konsentrasi organik. Proses *aerobic* untuk menyalakan aerator dan pompa *submersible*, dan proses *anoxic* dibuat dengan menyalakan pompa yang digunakan yaitu *submersible* menggunakan aerator yang berdurasi 12 jam dan untuk jam selanjutnya 12 jam kemudian aerator dimatikan. Dalam reaktor ini aliran yang masuk, diaduk secara sempurna, diolah kemudian dikeluarkan sampai seterusnya.

Data Desain		
Qratarata	4500	m ³ /d
Qpuncak	6750	m ³ /d
jumlah unit	4	unit
BOD _{in}	250	mg/L
NH ₃ _{in}	40	mg/L
removal flux BOD	15	g/m ² .hari
removal flux Nitrifikasi	0,4	g/m ² .hari
removal flux Denitrifikasi	0,2	g/m ² .hari
BOD Removal 1	0,75	%

BOD Removal 2	0,25	%
Konsentrasi BOD	140	g BOD/ m ³
Konsentrasi TKN	35	g/m ³
luas media	800	m ² /m ³
volume media	60%	dari volume tangki
SALR	15	g/m ² .hari
BOD Removal Biofilm SRT	6	Hari
bCOD/BOD	1,6	
Jumlah unit	2	unit

Dimensi R1

Lebar	5	m
Tinggi air	4	m
Tinggi bangunan	5	m
Panjang	6	m
Luas	31	m ²
Reaktor 1		
BOD Flux		
BOD Removal Flux / (%penyisihan BOD/100)	10	g BOD/ m ² .hari
luas media		
debit x Kons BOD / BOD Flux	59850	m ²
media volume		
luas media (m ²) / 800 m ² /m ³	74,8	m ³
volume tangki	124,6875	m ³
HRT = T = V/Q	40	min

menghitung volume tangki

$$\text{luas area media} = \frac{\text{BOD Loading rate(g/d)}}{\text{SALR(g/m}^2\text{/d)}} = 225 \text{ m}^2$$

$$\text{luas volume} = \frac{\text{luas permukaan (m}^2\text{)}}{\text{luas permukaan spesifik (m}^2\text{/m}^3\text{)}} = 0,28125 \text{ m}^3$$

$$\text{volume tangki} = \frac{\text{luas volume}}{\text{volume media\%}} = 0,46875$$

SARR = (SARR/SALR).(SALR)	14 g/m ² /d
BOD Removal rate = est SARR (g/m ² /d).Carrier surface area(m ²)	11100 g/hari
est BOD removal rate	24,47 lb/hari
estimasi effluent Cons BOD = [(BOD Loading rate-estimasi BOD removal rate)/Qo]/8,34	1,96 mg/L
$P_{x,bio} = \frac{Q(Y_H)(BOD)}{[1 + b_H(SRT)]} + \frac{f_d(b_H)Q(Y_H)(BOD)SRT}{[1 + b_H(SRT)]}$ $\frac{P_{x,bio}}{Q} = \frac{(Y_H)(BOD)[1 + f_d(b_H)(SRT)]}{[1 + b_H(SRT)]}$	
$b_{H12} = b_{H20} (1,04)^{(12-20)}$	0,110 g/g.hari
$Y_H = 0,45(1,6 \text{ gbCOD/gBOD})$	0,72 gVSS/gBOD
$P_{x,bio}/Q$	96 gVSS/m ³
$N_{Ho} = \text{TKN} - 12\%P_{x,bio} / Q$	24 g/Nm ³
J_{N12}	0,90 gN/m ³
J_{N15}	0,80 N/m ² .hari
J_{N15}	0,60 N/m ² .hari

Ammonia

Data Desain	
Qratarata	4500 m ³ /d
Qpuncak	6750 m ³ /d
SALR Ammonia	0,61 g/m ² .hari
luas media	800 m ² /m ³
beban ammonia	360 Kg/hari

Dimensi	
lebar	2 m
panjang	5 m
tinggi air	5 m
tinggi bangunan	5 m
luas area	11 m ²
HRT	1 min

ammonia nitrogen rate	488,0 g/hari
surface area = ammonia rate/SALR	800,0 m ²
carrier volume = carrier surface area/luas area	1,0
volume reaktor = carrier volume/ 40% carrier media	2,5

Anoxic

Data Desain	
Qratarata	4500 m ³ /d
Qpuncak	6750 m ³ /d
SALR Anoxic	1 g/m ² .hari
luas media	800 m ² /m ³

Dimensi	
lebar	2 m
panjang	5 m
tinggi air	5 m
tinggi bangunan	5 m
nitrat loading rate	0,00125
surface area = luas permukaan media/SALR	0,00125
carrier volume = surface area/luas media	1,5
volume reaktor = 40% carrier media	3,75

4.4.6. Secondary Clarifier

Secondary clarifier berguna untuk mengendapkan lumpur dari *Moving Bed Biofilm Reactors*. Adapun bentuk *clarifier* yang direncanakan adalah *clarifier rectangular*. Pada *clarifier* kedalaman zona bersih yang direncanakan zona bersih adalah 2 m, kedalaman *thickener* dan zona pengentalan lumpur. Aspek penting dalam mendesain *clarifier* adalah SLR (*Solid Loading Rate*) dan *Surface Overflow Rate* (SOR). Kriteria desain hitungan *secondary clarifier* sebagai berikut

Tabel 4. 9 Kriteria Desain Unit Secondary Clarifier

Parameter	Symbol	Units	Value
Waktu detensi ruang sedimentasi	td	2 (peak) 4,5-6 (average)	Hours
Concentration BOD	BOD	10.000	mg/L
Solid loading	SS	25-50	Kg SS/m ² day
Surface loading (Q/A)		20-35	m ³ /m ² day
Kedalaman bak pengendap dari weir minimal	h	3	m
Overflow load		100-254	m ³ /m ² day

Data Desain	
Qratarata	4500 m ³ /d
Qpuncak	6750 m ³ /d
jumlah unit Secondary Clarifier	2 unit
penyisihan SS (50-70%)	70% %
penyisihan BOD(25-40%)	30% %
Jumlah Unit	2 unit

Dimensi	
lebar	5 m
panjang	3 m
tinggi air	3 m
tinggi bangunan	4 m
Luas Area	30 m ²

Kriteria desain	
waktu detensi	1-2 jam
Overflow rate (Vo)	30-50 m ³ /m ² .Hari

Efisiensi = 30% x BOD disisihkan

Efisiensi = 70% x TSS disisihkan		
BODremoval	675	kg/hari
TSSremoval	1134	kg/hari
Debit lumpur = SSremoval/Kons solid x berat jenis		
	24,47	m ³ /Hari
Perhitungan debit BOD , COD, TSS		
Q _{eff}	4476	m ³ /Hari
BOD ₅	1575	kg/hari
	351,9	gr/m ³
TSS	486	m ³ /Hari
	108,59	gr/m ³

4.4.7. Desinfeksi

Desinfeksi berguna untuk menghilangkan patogen sebelum dibuang dibadan air penerima. Perhitungan desinfeksi sebagai berikut.

Data Desain		
Qratarata	4500	m ³ /d
Qpuncak	6750	m ³ /d
dosis desinfeksi	2-10	mg/L
kadar klor dalam kaporit	70%	
waktu kontak	15-45	menit
berat jenis kaporit	0,8-0,88	kg/L
pH	6-7	
dosis yang diberikan	2	mg/L
jumlah unit	1	unit
debit clarifier Q= 6750 m ³ /d	281	m ³ /jam
Kebutuhan klor = debit x dosis klor	14	kg/hari
kebutuhan kaporit larutan = berat klor/kadar klor	19	kg/hari
dimensi bak contact Qpuncak		
V _{bak} = Q x t	141	m ³
ditetapkan		
lebar	0,25	m
tinggi jagaan	0,2	m
kedalaman	1,5	m

keliling ruang kontak	2,5 m
waktu contact $Q_{puncak} = V_{bak \text{ klorinasi}}/Q_{puncak}$	0,003 jam

4.4.8. Thickener & Dewatering

Thickener(pengentalan) berfungsi untuk meningkatkan konsentrasi padatan pada lumpur dengan mengeluarkan air yang terkandung dalam lumpur. Pengentalan lumpur secara gravitasi terbagi atas 3 zona yaitu *Clear Zone*, *Feed Zone*, *Compaction Zone*. Pada perencanaan ini zona yang digunakan adalah *compaction zone*, letak zona ini berada di bawah *feed zone*. Padatan di dalam lumpur terakumulasi dalam *compaction zone* ini sehingga padatan meningkat. Selanjutnya sistem gravitasi yang telah mengental akan dialirkan ke pengolahan selanjutnya.

Data Desain		
Qratarata	4500	m ³ /d
Qpuncak	6750	m ³ /d
overflow rate (12-32)	32	m ³ /m ² .Hari
Solid loading	150	kg/m ² .Hari
konsentrasi solid(lumpur kering)	5%	%
specific gravity	1,03	
Jumlah Unit	1	Unit

Dimensi		
lebar	4	m
panjang	1,5	m
tinggi air	3	m
tinggi bangunan	4	m
Kedalaman bak (3,5-5) m	5	m
HRT	2	min
luas area	6	m ²
A = Massa lumpur/solid loading	0,16	m ²
$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} A}$	0,21	
	0,46	m
debit lumpur		
massa lumpur/konsentrasi solidxspecific gravity	504	m ³

4.5 Rekapitan Unit Desain

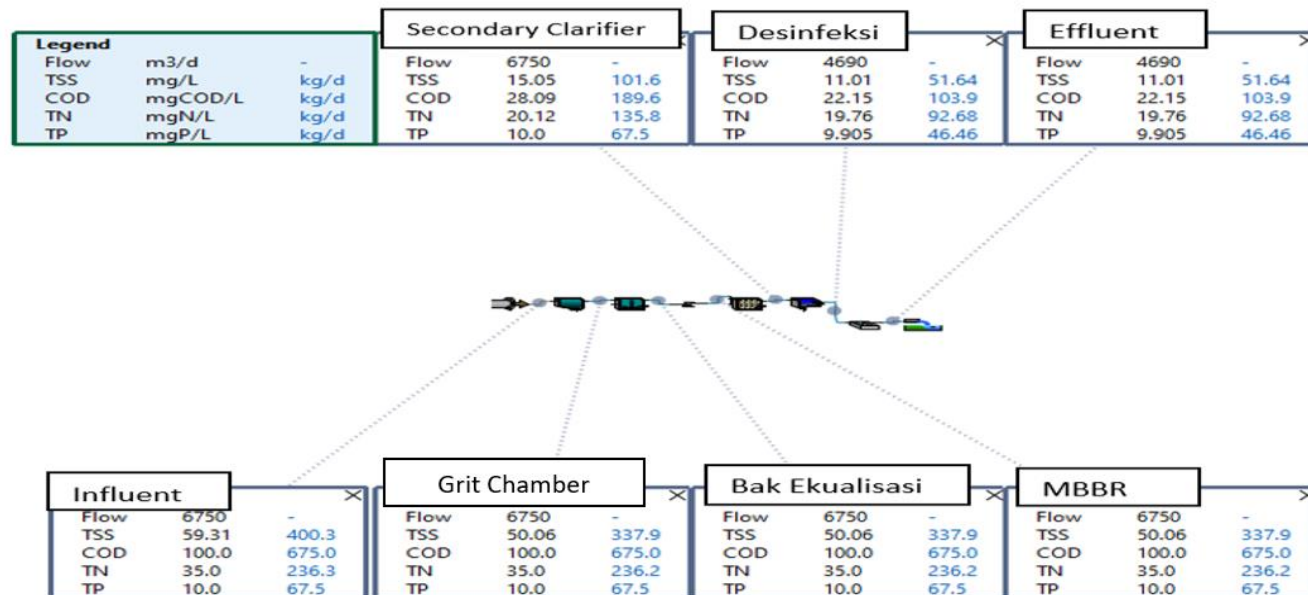
Berdasarkan perhitungan desain perencanaan didapatkan dimensi sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Desain Dimensi Unit IPAL

No.	Unit pengolahan	Jumlah unit	Spesifikasi			Luas Area m ²	HRT min
			P(m)	L(m)	T(m)		
1	Mekanikal Bar Screen	1	5	1,5	5	7,5	2,4
2	Grit chamber	1	1,5	4	4	6	3
3	Bak Ekualisasi	1	1,5	4	4	6	30
4	Pompa	2	6	4	4	48	4
5	MBBR	1	6	5	5	31	40
6	Secondary Clarifier	1	3	5	4	30	60
7	Desinfeksi	1	5	2	5	11	1
8	Thickener & Dewatering	1	1,5	4	4	6	2
Total						145,5 m ²	

4.6. Neraca Massa

Perencanaan SPALD-T ini terdapat kesetimbangan massa kualitas dan kuantitas yang dihasilkan dari pengolahan air limbah domestik unit pengolahan air limbah yang dapat dianalisis atau dipantau. Berikut perhitungan neraca massa pada gambar.



Gambar 4. 2 Mass Balance Diagram

4.7. Modeling Teknologi MBBR

4.7.1 Flow Rate Scenario

Pada perencanaan SPALD-T ini skenario yang digunakan adalah *flow rate scenario* yaitu menaikkan debit air limbah 1800 m³/hari menjadi 4500 m³/hari dan 6750 m³/hari sesuai dengan perencanaan yang telah didesain. Berikut tabel simulasi flow rate scenario IPAL.

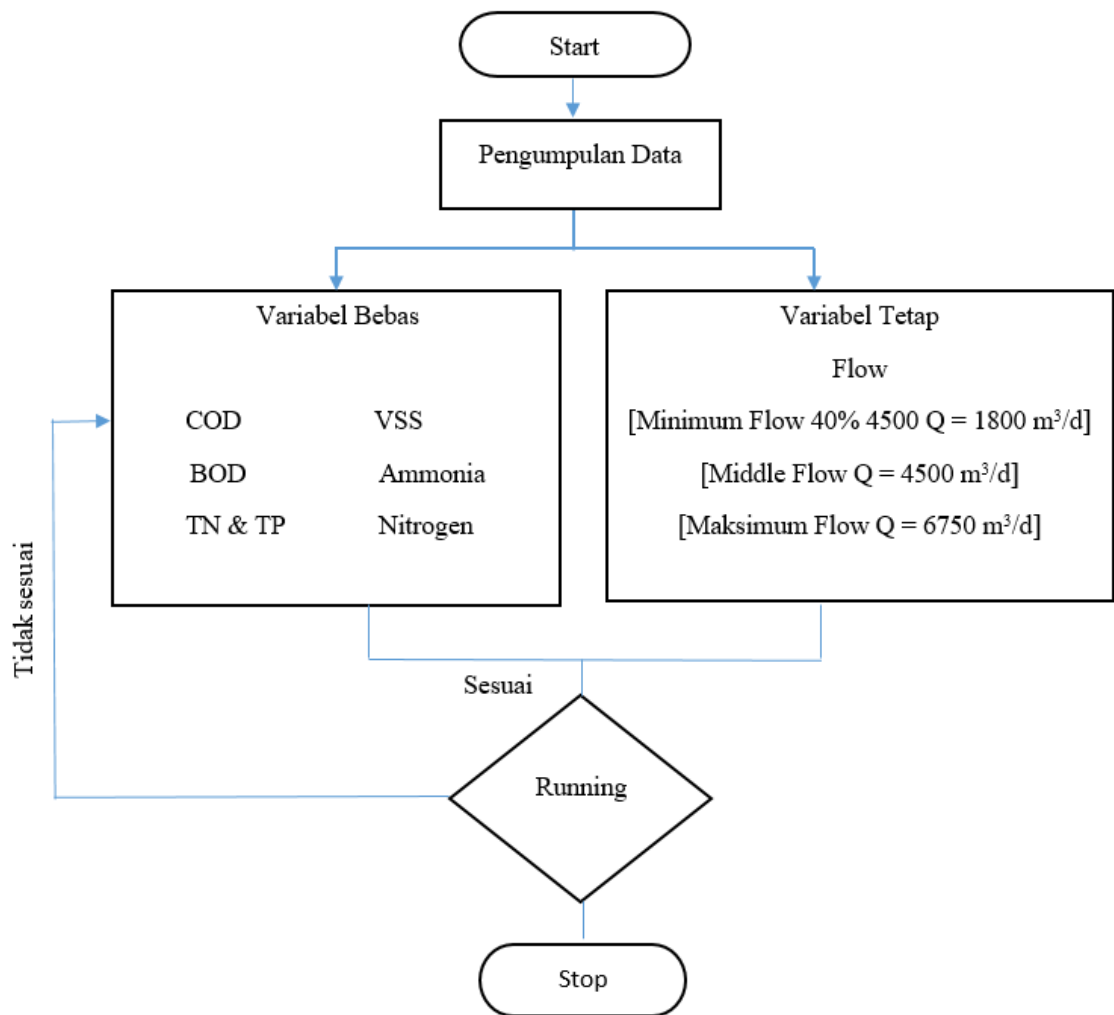
Tabel 4. 11 Simulasi Flow Rate Scenario

Parameter	Satuan	Flow			
		1800 m ³ /hari	4500 m ³ /hari	6750 m ³ /hari	
Skenario 1	TSS	mg/L	59,31	59,31	59,31
	VSS	mg/L	44,48	44,48	44,48
	cBOD ₅	mgO ₂ /m ³	51,57	51,57	51,57
	COD	mgCOD/L	100	100	100
	Ammonia Nitrogen	MgN/L	25	25	25
	TKN	mgN/L	35	35	35
	Phosphorus	mgP/L	8	8	8

Hasil simulasi model *flow rate scenario* 1 pada unit IPAL akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah yaitu mengacu pada Permen.LHK No.68 Tahun 2016 seperti pada tabel 2.4. Debit air limbah pada saat *startup* 40% dari debit rata-rata, debit rata-rata dan debit puncak. Besar *effluent* pada tiap kenaikan debit yang berbeda pada unit IPAL MBBR *flow rate scenario* terlampir pada tabel 4.12 dan tabel lainnya.

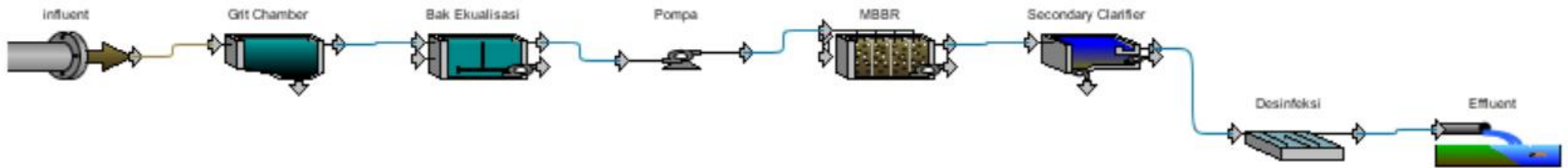
4.7.2 Modeling Perencanaan

Model merupakan proses mengevaluasi sistem pengolahan MBBR yang telah di desain menggunakan *software* GPS-X dengan *flow rate scenario* menggunakan debit *startup* 40% dari debit rata-rata, debit rata-rata dan debit puncak. Berikut gambar 4.3 menyajikan skema simulasi sesuai perencanaan.



Gambar 4. 3 Simulasi Skenario sesuai Perencanaan software GPS-X

Dalam skenario IPAL ini, debit air limbah dinaikkan berdasarkan *minimum flow* 40% debit 4500 menjadi $Q=1800 \text{ m}^3/\text{hari}$, *middle flow* $Q = 4500 \text{ m}^3/\text{hari}$, dan *maximum flow* $Q= 6750 \text{ m}^3/\text{hari}$. Berikut layout modeling IPAL 1 line yang ditunjukkan 4.4



Gambar 4. 4 Modeling Layout IPAL 1 line

Kriteria desain

Flow

Data 15gr/m²/d

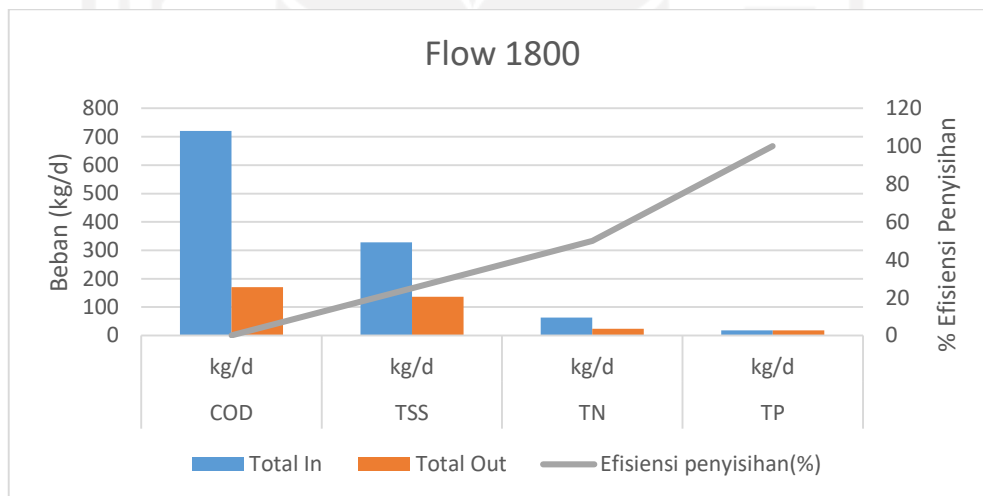
Min 1800 m³/d

Middle 4500 m³/d

Max 6750 m³/d

Tabel 4. 12 Hasil Simulasi Model Skenario Minimum Flow

		Reaktor	Skenario 1 Min	
			IN	OUT
COD	Kg/d	1	328	137
TSS	Kg/d	1	720	170
TN	Kg/d	1	63	23
TP	Kg/d	1	18	18

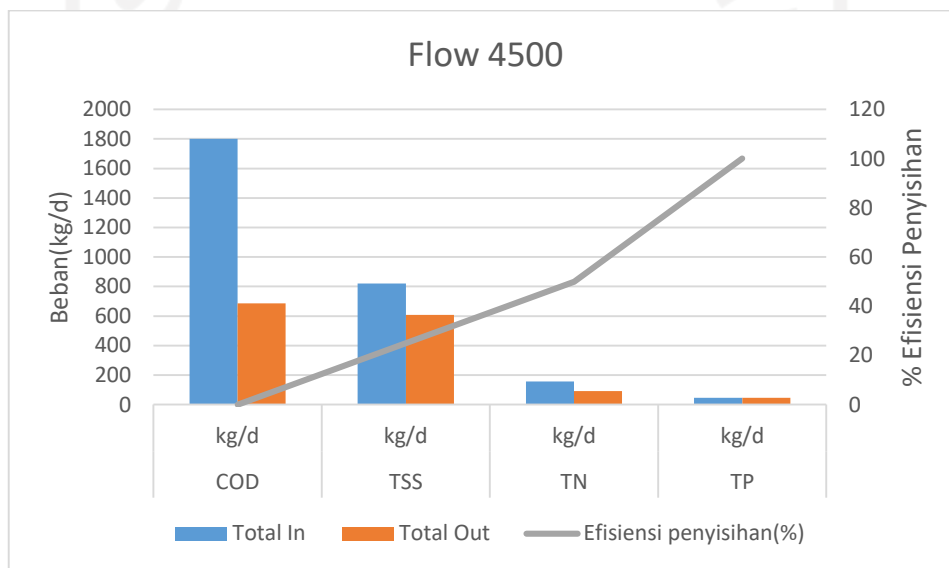


Gambar 4. 5 Skenario MBBR Minimum Flow 1800 m³/d

Hasil simulasi *skenario 1 minimum flow* 40% pada saat *startup* MBBR reaktor 1 efisiensi *influent* COD meningkat pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *minimum flow* 1800 m³/d sebesar 720 kg/d, *flow rate scenario influent* TSS *minimum flow* 1800 m³/d sebesar 328 kg/d, *influent* TN sebesar 63 kg/d, dan *influent* TP sebesar 18 kg/d. *Effluent* COD pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *flow* 1800 m³/da sebesar 170 kg/d, *Effluent* TSS sebesar 137 kg/d, *Effluent* TN sebesar 23 kg/d dan *effluent* TP sebesar 18 kg/d.

Tabel 4. 13 Hasil Simulasi Model Skenario Middle Flow

Reaktor			Skenario 2 Middle	
			IN	OUT
COD	Kg/d	1	820	608
TSS	Kg/d	1	1800	687
TN	Kg/d	1	157	92
TP	Kg/d	1	45	45

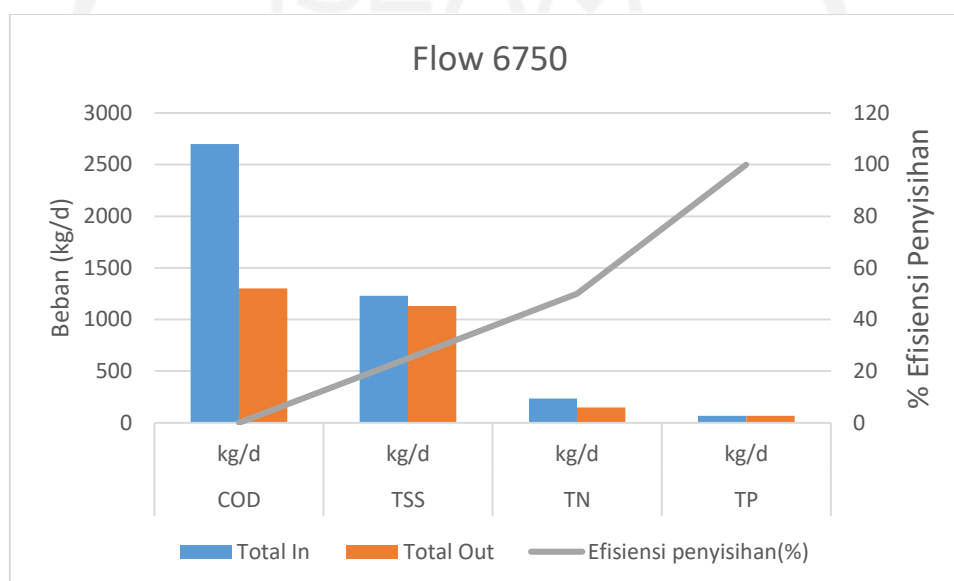


Gambar 4. 6 Skenario MBBR Middle Flow 4500 m³/d

Hasil simulasi *skenario 2 middle flow 4500 m³/d* MBBR reaktor 1 efisiensi *influent* COD meningkat pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *middle flow 4500 m³/d* konsentrasi *influent* sebesar 1800 kg/d, *influent* TSS *middle flow 4500 m³/d* sebesar 820 kg/d, *influent* TN *influent* sebesar 157 kg/d, dan *influent* TP sebesar 45 kg/d. *Effluent* COD saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *middle flow 4500 m³/d* sebesar 170 kg/d, *effluent* TSS sebesar 608 kg/d, *effluent* TN sebesar 92kg/d dan *effluent* TP sebesar 45 kg/d.

Tabel 4. 14 Hasil Simulasi Model Skenario Maximum Flow

Reaktor			Skenario 3 Max	
			IN	OUT
COD	Kg/d	1	1229	1129
TSS	Kg/d	1	2700	1302
TN	Kg/d	1	236	148
TP	Kg/d	1	67	67

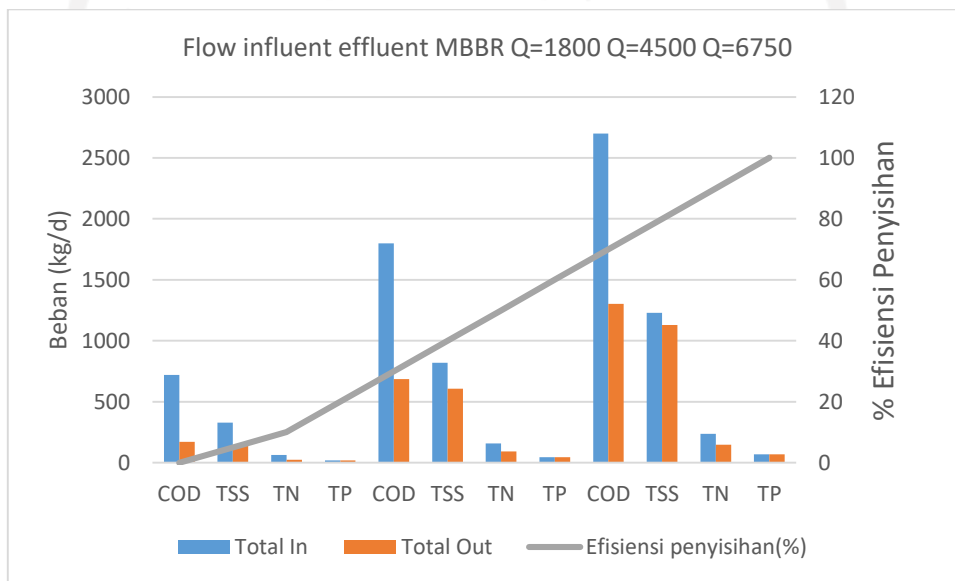


Gambar 4. 7 Skenario MBBR Maximum Flow 6750 m³/d

Hasil simulasi *skenario 3 maximum flow 6750 m³/d* MBBR reaktor 1 efisiensi *influent* COD meningkat pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *maximum flow 6750 m³/d* konsentrasi *influent* sebesar 2700 kg/d, *influent* TSS *maximum flow 6750 m³/d* sebesar 1229 kg/d, *influent* TN *influent* sebesar 236 kg/d, dan *influent* TP sebesar 67 kg/d. *Effluent* COD saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *maximum flow 6750 m³/d* sebesar 1302 kg/d, *effluent* TSS sebesar 1129 kg/d, *effluent* TN sebesar 148 kg/d dan *effluent* TP sebesar 67 kg/d.

Tabel 4. 15 Rekap Flow Rate Scenario Q 1800, 4500, 6750 m³/d

	Mass Flows 1800		Mass Flows 4500		Mass Flows 6750		satuan
	Total In	Total Out	Total In	Total Out	Total In	Total Out	
COD	720	170	1800	687	2700	1302	kg/d
TSS	328	137	820	608	1229	1129	kg/d
TN	63	23	157	92	236	148	kg/d
TP	18	18	45	45	67	67	kg/d



Gambar 4. 8 Skenario MBBR Flow Rate Scenario Influent dan Effluent Q 1800, 4500, 6750 m³/d

Hasil simulasi *Moving Bed Biofilm Reactor* menunjukkan bahwa *flow* minimum 40% pada saat *startup* MBBR reaktor 1 efisiensi *influent* COD meningkat pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *minimum flow* 1800 m³/d sebesar 720 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 1800 kg/d, dan *influent maximum flow* 6750 m³/d yaitu sebesar 2700 kg/d. *Effluent* COD pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *flow* 1800 m³/da sebesar 170 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 670 kg/d, dan COD flow 6750 m³/d yaitu sebesar 1302 kg/d.

Flow rate scenario influent TSS *minimum flow* 1800 m³/d sebesar 328 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 820 kg/d, dan *influent maximum flow* 6750 m³/d yaitu sebesar 1229 kg/d. *Effluent* TSS pada saat *flow rate*

scenario dinaikkan yaitu pada saat *flow* 1800 m³/d sebesar 137 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 608 kg/d, dan TSS *flow* 6750 m³/d yaitu sebesar 1129 kg/d.

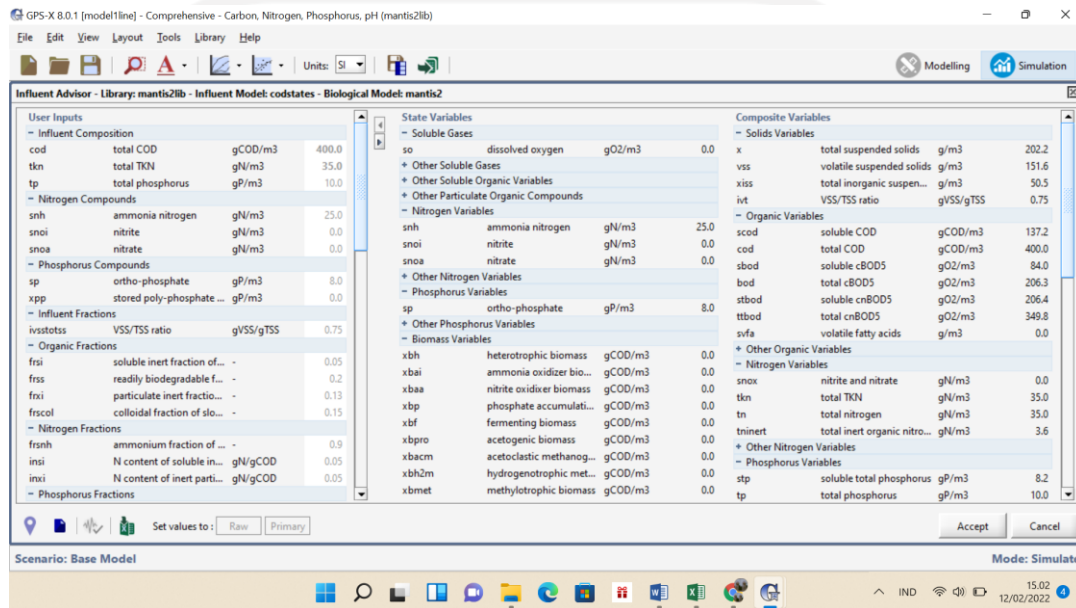
Flow rate scenario influent TN minimum flow 1800 m³/d sebesar 63 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 157 kg/d, dan *influent maximum flow* 6750 m³/d yaitu sebesar 236 kg/d. *Effluent TN* pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *flow* 1800 m³/d sebesar 23 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 92 kg/d, dan TN *flow* 6750 m³/d yaitu sebesar 148 kg/d.

Flow rate scenario influent TP minimum flow 1800 m³/d sebesar 18 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 45 kg/d, dan *influent maximum flow* 6750 m³/d yaitu sebesar 67 kg/d. *Effluent TP* pada saat *flow rate scenario* dinaikkan yaitu pada saat *flow* 1800 m³/d sebesar 18 kg/d, pada saat *middle flow* 4500 m³/d konsentrasi *influent* sebesar 45 kg/d, dan TP *flow* 6750 m³/d yaitu sebesar 67 kg/d.

Dari hasil perhitungan simulasi efisiensi BOD mengalami kenaikan bersamaan dengan waktu tinggal. hal ini terjadi karena air limbah di dalam reaktor lebih lama sehingga proses degradasi COD dan polutan pencemar lain menjadi besar. Konsentrasi TSS *influent* hingga *effluent* dengan penyisihan tertinggi pada *maximum flow* yaitu 1129 dan penyisihan terendah pada saat *startup minimum flow* yaitu 137 tingginya efisiensi penyisihan yang terjadi pada TSS disebabkan karena reaktor dan bak pengendap. Pada reaktor TSS zat organik yang direduksi mikroorganisme yang diendapkan bak pengendap.

Hasil skenario MBBR *flow* 4500 m³/d dan *flow* 6750 m³/d menunjukkan bahwa removal COD lebih besar dibandingkan TSS, TN dan TP. Sedangkan *flow* 1800 m³/d menunjukkan removal COD lebih rendah dibanding kenaikan *flow* 4500 m³/d dan 6750 m³/d. Hasil simulasi kenaikan debit pada saat *startup* 40% removal parameter TSS, COD, TN, TP pada unit MBBR selisih yang cukup terlihat dalam grafik diatas dimana pada debit 6750 m³/d lebih unggul dibandingkan dengan debit

1800 m³/d persen removal lebih rendah terutama TP yaitu sebesar 18% saja. Parameter TSS, COD, TN memiliki nilai persen removal yang lebih unggul. Perbandingan yang cukup terlihat yaitu pada semakin tinggi *flow* maka semakin tinggi juga % removal parameter pada TSS, COD, TN dan TP. Berikut gambar *influent Characterization modeling 1 line MBBR*.



Gambar 4. 9 Influent Characterization

4.8 Pembiayaan Unit Pengolahan

Penetapan biaya awal pengolahan dengan pendekatan biaya perkiraan biaya berdasarkan CapdetWorksTM yaitu *software* perkiraan biaya yang sudah di perbarui. Penetapan biaya awal pengolahan dengan pendekatan biaya yaitu sebagai berikut:

a. *Capital Cost*

Capital Cost merupakan perkiraan biaya modal telah dimodifikasi untuk menggambarkan penawaran awal pemasok.

b. *Operating & Maintenance*

Operating and Maintenance merupakan suatu kegiatan yang diperlukan untuk menjalankan rangka penyediaan air dan sanitasi. *Operation and maintenance* dilakukan oleh operator sarana air dan sanitas

untuk memastikan bahwa sarana beroperasi secara efisien. (Richard C Carter, 2009)

c. *Life Cycle Costing*

Life Cycle Costing merupakan perhitungan seluruh biaya aset pada perputaran hidup yang memperhitungkan berbagai faktor yaitu biaya modal awal, pemeliharaan, biaya operasi dan nilai sisa aset pada akhir penggunaan (M.M. Sesana & G. Salvalai, 2013).

Life Cycle Costing sebuah metodologi dengan desain yang ekonomis pada saat tertentu, dengan meninjau konstruksi, operasi, kontrol pemeriksaan, penggantian biaya dan nilai residu. Menurut *Royal Institute of Chartered Surveyors* tahun 1983 tujuan LCC antara lain:

- Untuk menganalisis investasi lebih efektif
- Untuk meninjau keseluruhan biaya awal dan modal
- Untuk menyokong pengelolaan gedung yang telah usai secara efektif dan proyek;

Untuk sarana alternatif yang bersaing yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 16 *Pembiayaan Pengolahan Berdasarkan Teknologi IPAL*

Pembiayaan	Proses Pengolahan		
	CAS (/Tahun)	MBBR (/Tahun)	BAF (/Tahun)
Capital Cost	Rp. 235.583.900.000	Rp. 203.787.300.000	Rp. 248.591.600.000
O & M	Rp. 16.042.830.000	Rp. 16.476.420.000	Rp. 16.187.360.000
Life Cycle Costing	Rp. 465.386.600.000	Rp. 440.816.500.000	Rp. 481.284.900.000
Total/Tahun	Rp. 717.013.330.000	Rp. 661.080.220.000	Rp. 746.063.860.000
Total Perbaikan/Tahun (O&M dan Life Cycle Costing)	Rp. 481.429.430.000	Rp. 457.292.920.000	Rp. 497.472.260.000

Sumber: *Hydromantis Inc, 2005*

Alternatif teknologi IPAL *Conventional Activated Sludge*(CAS), *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), dan *Biological Aerated Filter*(BAF) menggunakan alternatif yang sama yaitu bak pengendap 1, kelebihan teknologi IPAL MBBR dapat menurunkan ammonia secara signifikan, MBBR dalam segi pembiayaan

lebih murah pertahunnya yaitu sekitar Rp. 457.292.920.000 dibandingkan dengan CAS atau BAF. tetapi operasi dan pemeliharaan MBBR agak sedikit mahal dari CAS atau BAF namun MBBR unggul biaya modal dan *Life Cycle Costing*.

4.9 Anggaran Biaya

4.9.1 RAB

Tabel 4. 17 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya IPAL

NO	URAIAN PEKERJAAN	QTY	UNIT	HARGA SATUAN (RP)	JUMLAH (RP)
1	Persiapan				
	Mob Demob	1	lot	Rp 66.500.000	Rp 66.500.000
	Infrastruktur	1	lot		Rp -
	Pagar	1	lot	Rp 100.000.000	Rp 100.000.000
	Drainase	1	lot	Rp 150.000.000	Rp 150.000.000
	SUBTOTAL				Rp 316.500.000,00
2	Pekerjaan Sipil				
	Unit Proses	1	lot	Rp 2.100.000.000	Rp 2.100.000.000
	Pit Collection	1	lot	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
	SUBTOTAL				Rp 2.150.000.000
3	Peralatan				
	Mekanikal	1	lot	Rp 2.125.000.000	Rp 2.125.000.000
	Perpipaan	1	lot	Rp 589.000.000	Rp 589.000.000
	Elektrikal	1	lot	Rp 330.000.000	Rp 330.000.000
	Kontrol Proses	1	lot	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
SUBTOTAL				Rp 3.054.000.000	
4	Start Up				
	Polimer	1	lot	Rp 85.000.000	Rp 85.000.000
	Bakteri Seeding	1	lot	Rp 31.200.000	Rp 31.200.000
	SUBTOTAL				Rp 116.200.000
5	Miscellaneous				
	Design Engineering	1	lot	Rp 125.187.000	Rp 125.187.000
	Install & Supv	1	lot	Rp 150.980.000	Rp 150.980.000
	Commissioning, Training, Guarantee	1	lot	Rp 144.300.000	Rp 144.300.000
	Worker Insurance	1	lot	Rp 75.030.000	Rp 75.030.000
	Traffic Control & Road Safety	1	lot	Rp 30.050.000	Rp 30.050.000
Road Permit	1	lot	Rp 20.100.000	Rp 20.100.000	

	Sanitary, Water & Electricity	1	lot	Rp	75.310.000	Rp	75.310.000
	Testing for M&E	1	lot	Rp	40.189.000	Rp	40.189.000
	Worker Accomodation	1	lot	Rp	80.123.500	Rp	80.123.500
	SUBTOTAL					Rp	741.269.500
6	TOTAL					Rp	6.377.969.500,00

4.9.2 Operation and Maintenance

Tabel 4. 18 Perhitungan Operation and Maintenance

Maintenance							
DESCRIPTION			VOLUME/YEAR	UNIT	UNIT PRICE	TOTAL COST	UNIT COST
					RP	RP/YEAR	RP/m ³
COST							
PRODUCTION							
Value of Asset		Rp 2.000.000.000					
Preventive Maintenance	1%	x asset value	2	lot	Rp3.500.000.000	Rp 70.000.000	Rp 29
Insurance	0,3%	x asset value	2	lot	Rp2.000.000.000	Rp 12.000.000	Rp 5
Conditioning Monitoring	0	x year	2	lot	Rp 20.000.000	Rp -	Rp -
Infracam Monitoring	0	x year	2	lot	Rp 20.000.000	Rp -	Rp -
SUBTOTAL						Rp 82.000.000	Rp 34
3. Lab Analysis	1	x month	12	x	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000	
SUBTOTAL						Rp 30.000.000	Rp 12
TOTAL O&M						Rp112.000.024	Rp 46

Tabel 4. 19 Total Rencana Anggaran Biaya

RAB		
Flow		6750 m ³ /day
Total RAB	Rp	6.377.969.500 Rupiah

Tabel 4. 20 Total Operation and Maintenance

O & M		
Flow		6750 m ³ /day
Total O & M (x month)	Rp	112.000.024 Rupiah

BAB V

KESIMPULAN & SARAN

a. Kesimpulan

1. Perencanaan IPAL Kota Mataram dengan *Modeling* sesuai desain menggunakan *software* GPS-X dilakukan dengan tahapan yaitu:
 - 1) Variabel yang digunakan dalam *modeling* simulasi IPAL ini adalah yaitu Variabel bebas dan variabel tetap. Variabel bebas yaitu dalam menyisihkan COD, BOD, VSS, TSS, Ammonia Nitrogen, TN, dan TP. Sedangkan variabel tetap menetapkan *flow minimum* 40% pada saat starup 1800 m³/d, *middle flow* 4500 m³/d, dan *maximum flow* 6750 m³/d.
 - 2) Menjalankan model simulasi dengan skenario *flow rate scenario* untuk mengecek removal parameter kualitas air limbah.
2. Luas lahan yang dibutuhkan dalam merencanakan SPALD-T Mataram adalah seluas 145,5 m², HRT MBBR yaitu 40 min dan *effluent* yang dihasilkan pada simulasi *flow scenario* adalah TSS sebesar 51,64 ; COD sebesar 103,9 ; TN sebesar 92,68 ; dan TP sebesar 46,46.
3. Berdasarkan *modeling* unit MBBR *software* GPS-X dengan menggunakan *flow rate scenario* unit MBBR sangat efisien dalam penyisihan kandungan organik maupun anorganik sebelum dibuang di badan air.
4. Anggaran biaya berdasarkan perhitungan yaitu sebesar Rp. 6.377.969.500 Biaya *operation and maintenance* yaitu sebesar Rp.112.000.024

b. Saran

1. Perlu adanya menggunakan skenario lainnya selain *flow rate scenario* setiap unit IPAL unit MBBR sehingga data yang diolah menggunakan simulasi GPS-X dapat lebih maksimal.
2. Perlu perhitungan non domestik dan infiltrasi, karena dalam perhitungan perencanaan ini hanya memfokuskan penduduk.



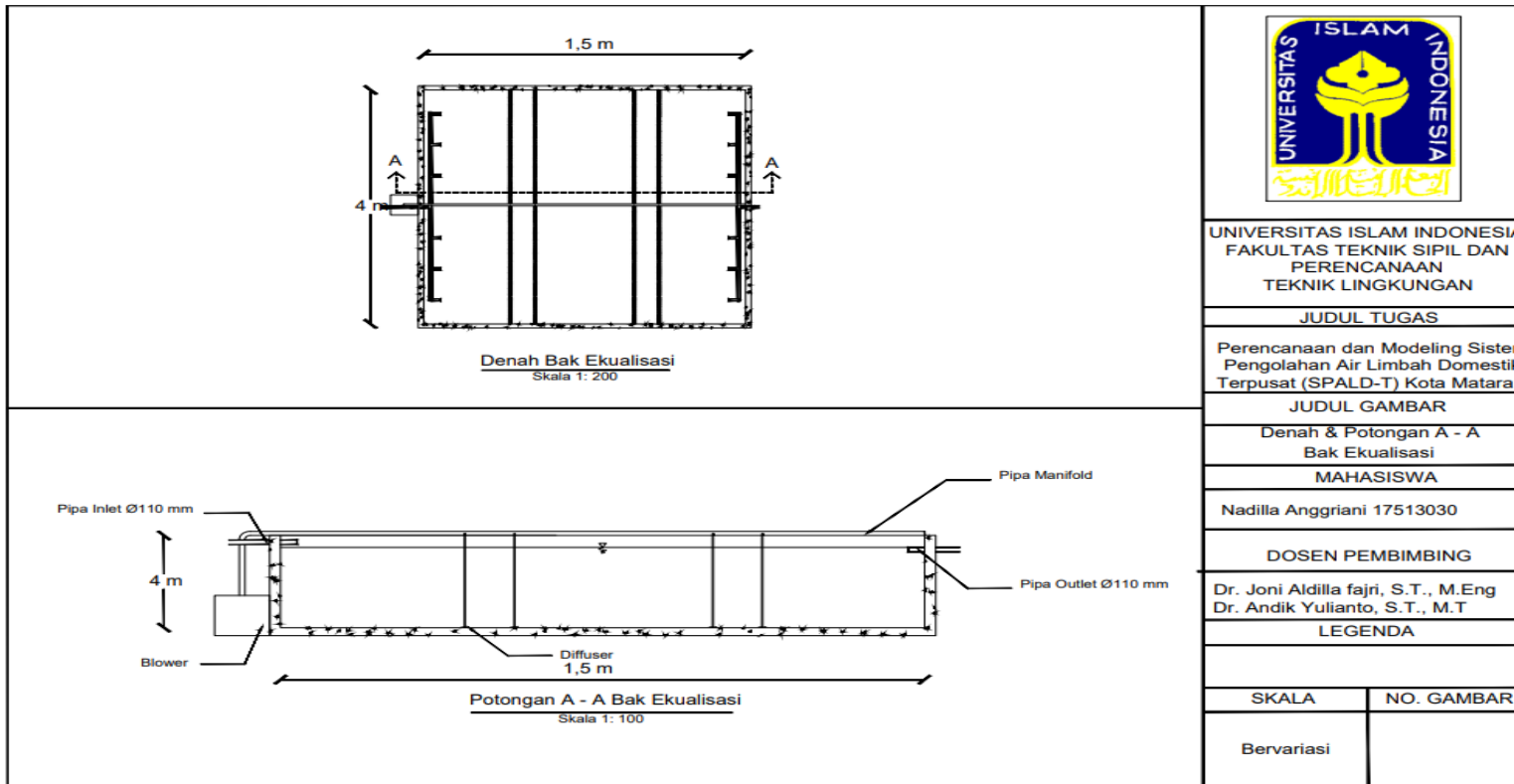
DAFTAR PUSTAKA

- Agbogbu, V. N.; Umoh, V. J.; Okuofu, C. A.; Smith, S. I. and Ameh, J. B. (2005). AgboStudy of the **Bacteriological and Physiochemical Indicators of Pollution of Surface waters in Zaria**; Nigerian African Journal of Biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, **Vol. 5**, No. 9, pp. 732-737.
- Agustira, R., Kemala, S.L. dan Jamilah. (2013). Agustira, R., Kemala, S.L. dan Jamilah. 2013. **Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka**. Jurnal Online Agroekoteknologi . *Jurnal Online Agroekoteknologi* , **Vol. 1 (3)**.
- Doddy Octniawan. (2012). **Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Menggunakan Rotary Biological Contractor (RBC)**. *Laporan Tugas Akhir Teknik Lingkungan FTSP-Veteran. Surabaya*.
- Fardiaz, S. (1992). **Polusi Air dan Udara**. Yogyakarta: Kanisius. Yogyakarta: Kanisius.
- Halling-Sørensen, B. dan Jørgensen, S.E. . (1993). **The Removal of Nitrogen Compounds from Wastewater**. London : Elsevier.
- Hydromantis Inc. (2005). **Brockville Water Pollution Control Centre Upgrade**. 15 of 18.
- Hydromantis Inc 2013. (2013). **GPS-X User's Guide. Version 6.3**. Canada.
- Jeppsson, U. (1996). Electrical Engineering "**Modelling Aspects of Wastewater Treatment Processes**".
- K. V. Gernaey, M. Henze, M. Lind, S. B. Jorgensen and M. C. M. van Loosdrecht. (2004). **Activated Sludge Wastewater Treatment Plant Modelling And Simulation: state of the art**. in *Environmental Modelling and Software, Elsevier*, pp. 763-783.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan kehutanan. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68*.
- Kawan, J. A., Hasan, H. A., Suja, F., JAAFAR, O. B., AbdRahman, R. (2016). **A Review on Sewage Treatment and Polishing Using Moving Bed Bioreactor (MBBR)**. Journal of Engineering Science and Technology. Dalam J. A. Kawan, *A Review on Sewage Treatment and Polishing Using*

- Moving Bed Bioreactor (MBBR). Journal of Engineering Science and Technology* (hal. 1098-1120). 11(8).
- Kelompok Kerja AMPL Kota Mataram. (2010). **Buku Putih Sanitasi**. Kota Mataram: 2010.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2012). **Pedoman Pengelolaan Program Hibah Air Limbah**, Direktorat Jenderal Cipta Karya. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2016). **Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Terpusat Skala Permukiman**. Jakarta .
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2017). **Peraturan Menteri PUPR No.4**.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2018). **Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Terpusat SPALD-T**. Jakarta .
- Kermani, M., Bina, B., Movahedian, H., Amin, M., Nikaen, M. (2008). **Application of Moving Bed Biofilm Process for Biological Organics and Nutrients Removal from Municipal Wastewater**. Dalam M. B. Kermani, *Application of Moving Bed Biofilm Process for Biological Organics and Nutrients Removal from Municipal Wastewater* (hal. 682-689). Science Publications 4(6).
- Mataram, B. P. (2015, November 19). **Badan Pusat Statistik Kota Mataram**. Diambil kembali dari Badan Pusat Statistik: mataramkota.bps.go.id/publication/2015/11/19/56db97aaf3adf22233286d6a/kota-mataram-dalam-angka-2015.html
- Mataram, B. P. (2020). **Statistik Perumahan Kota Mataram**.
- Mataram, D. R. (2015-2019). **Dokumen Rencana Pembangunan Investasi Infrastruktur Jangka Menengah (DOCRPI2JM) Kota Mataram**. Diambil kembali dari sippa.ciptakarya.pu.co.id: https://sippa.ciptakarya.pu.go.id/sippa_online/ws_file/dokumen/rpi2jm/DOCRPIJM_59978f9642_BAB%20VII07%20KETERPADUAN%20BERDASARKAN%20ENTITAS.pdf
- Metcalf dan Eddy. (2003). **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Moertinah, S. (2010). **Kajian Proses Anaerobik sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi**. *Jurnal Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (TPPI)* , Vol 1 (2):104-114.

- Naibaho, P.M. (1996). **Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit**. Medan: Pusan Penelitian Kelapa Sawit.
- Odegaard, H. (1999). **The Moving Bed Biofilm Reactor**. Norwegian University Of Science And Technology. Trondheim.
- Peraturan Pemerintah No. 22. 2021. (t.thn.). **Pengolahan Bahan Berbahaya dan Beracun**. Jakarta: Indonesia.
- Pereira, Sofia Filipe. (2014). **Modelling of a wastewater treatment plant using GPS-X**. Degree of Master in Chemical and Biochemical Engineering. University Lisbona.
- Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Mataram. (2019-2021).
- Said, Nusa Idaman. (2003). **Sistem Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Skala Individual Tangki Septik Filter Up Flow**. Pusat Penerapan dan Pengkajian Teknologi Lingkungan, BPPT. Jakarta.
- Sami M. (2012). **Penyisihan COD TSS dan pH Dalam Limbah Cair Domestik Dengan Metode Fixed-bed Column Up-flow**. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhoksumawe/, Vol 10 No 21- Juni- 2012 ISSN1693-248.
- Sesana, M. M., & Salvalai, G. (2013). **Overview on Life Cycle Methodologies and Economic Feasibility for nZEBs**. . *Building and Environment*, 67, 211-216.
- Winarno, F.G., dan Fardiaz, J.M. (1977). **Populasi dan Analisa Air**. Bogor: Departemen Teknologi. Hasil Pertanian Fameta IPB.
- Yudo Satmoko, Nusa Idaman Said. (2017). **Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Indonesia**.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
Pengolahan Air Limbah Domestik
Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Denah & Potongan A - A
Bak Ekualisasi

MAHASISWA

Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

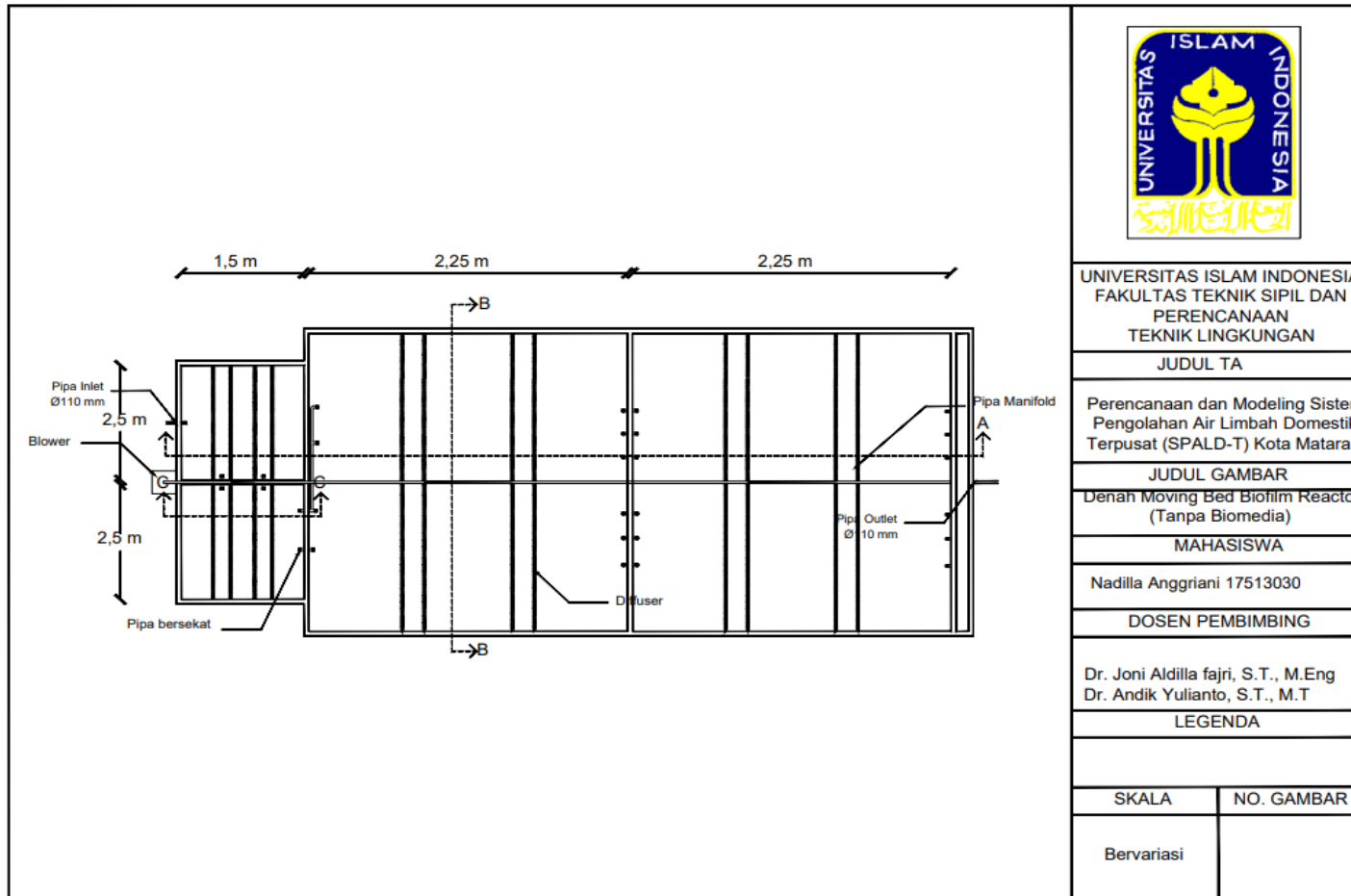
Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA

NO. GAMBAR

Bervariasi



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TA

Perencanaan dan Modeling Sistem
 Pengolahan Air Limbah Domestik
 Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Denah Moving Bed Biotfilm Reactor
 (Tanpa Biomedium)

MAHASISWA

Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

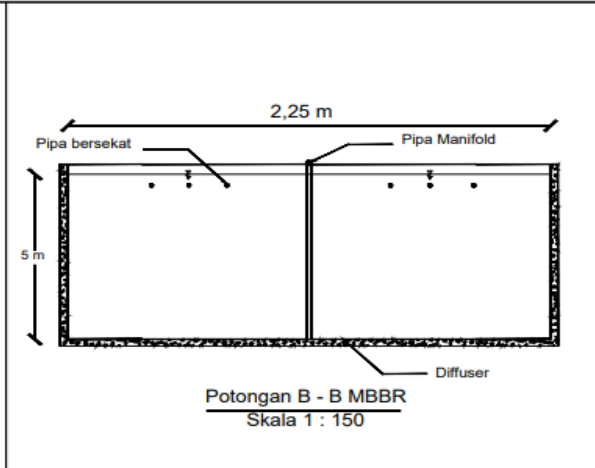
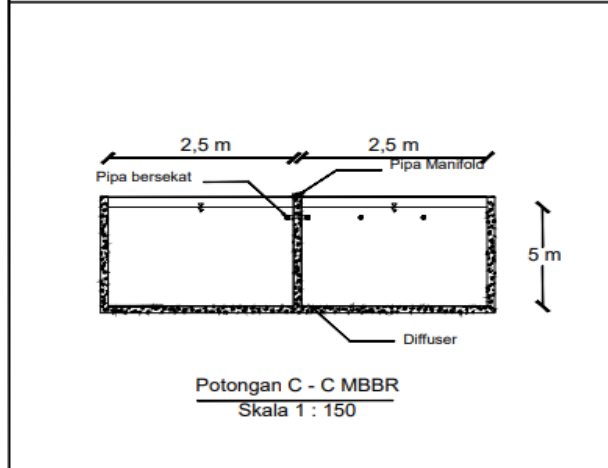
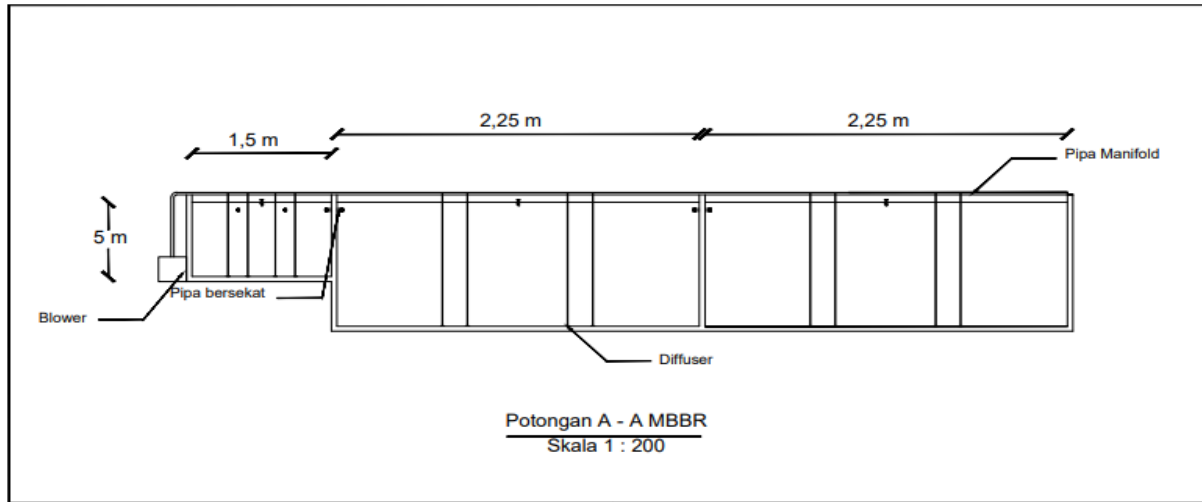
Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA

NO. GAMBAR

Bervariasi



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
Pengolahan Air Limbah Domestik
Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Potongan A - A, B - B, dan C - C
Moving Bed Biofilm Reactor

MAHASISWA

Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

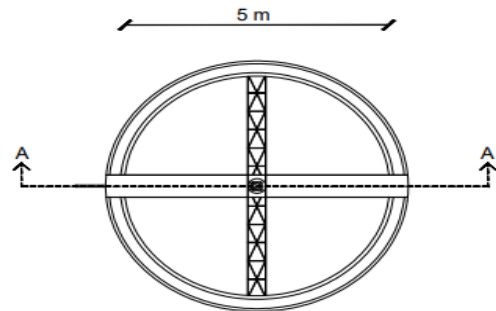
Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

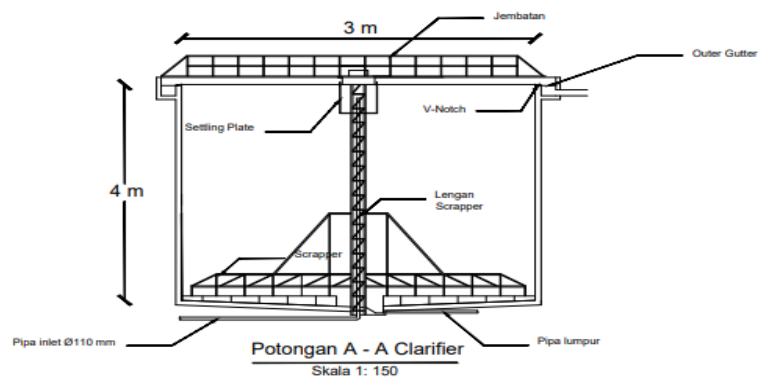
SKALA

NO. GAMBAR

Bervariasi



Denah Clarifier
Skala 1: 200



Potongan A - A Clarifier
Skala 1: 150



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
Pengolahan Air Limbah Domestik
Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Denah dan Potongan A - A
Clarifier

MAHASISWA

Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

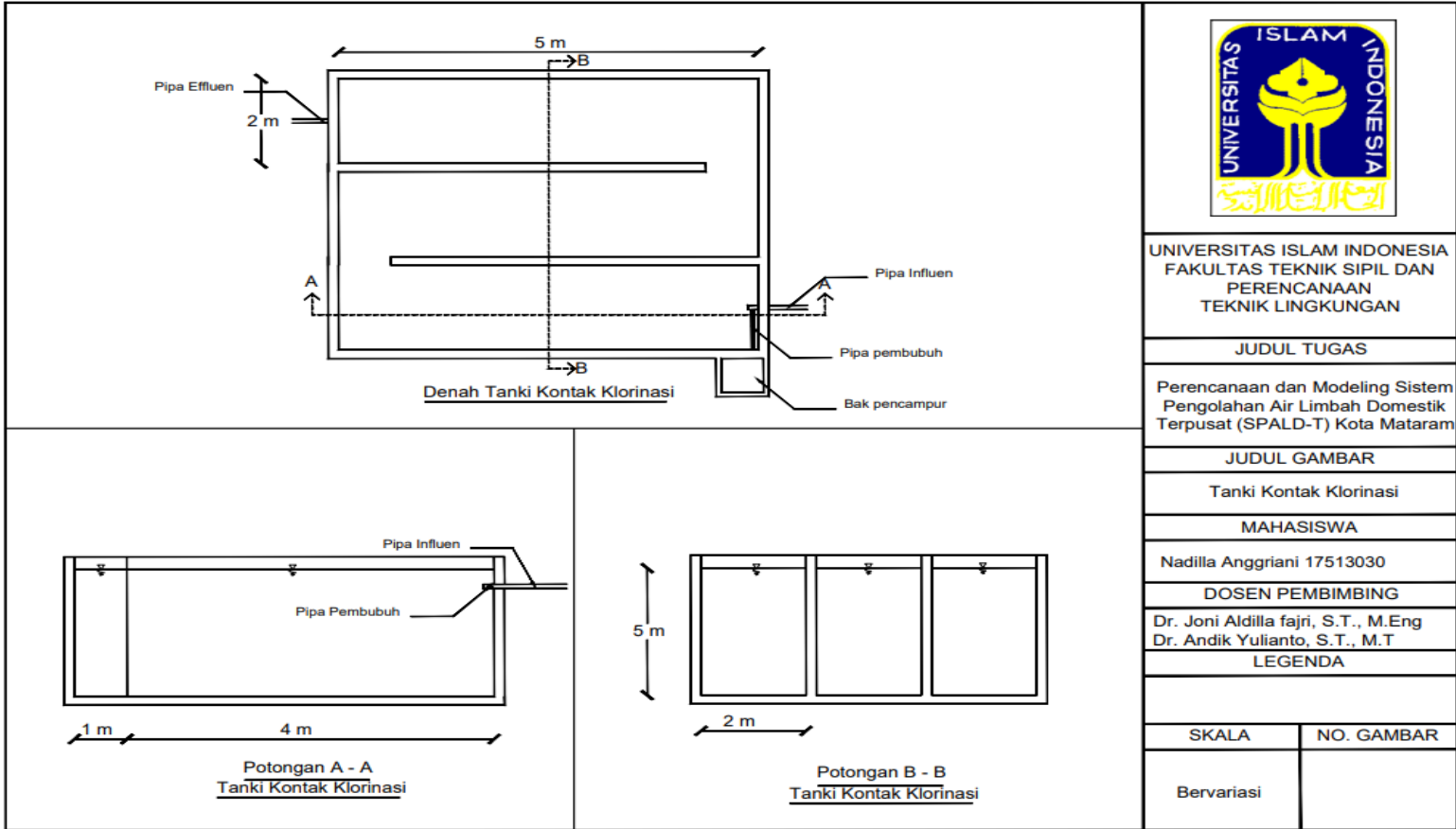
Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA

NO. GAMBAR

Bervariasi



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
 Pengolahan Air Limbah Domestik
 Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Tanki Kontak Klorinasi

MAHASISWA

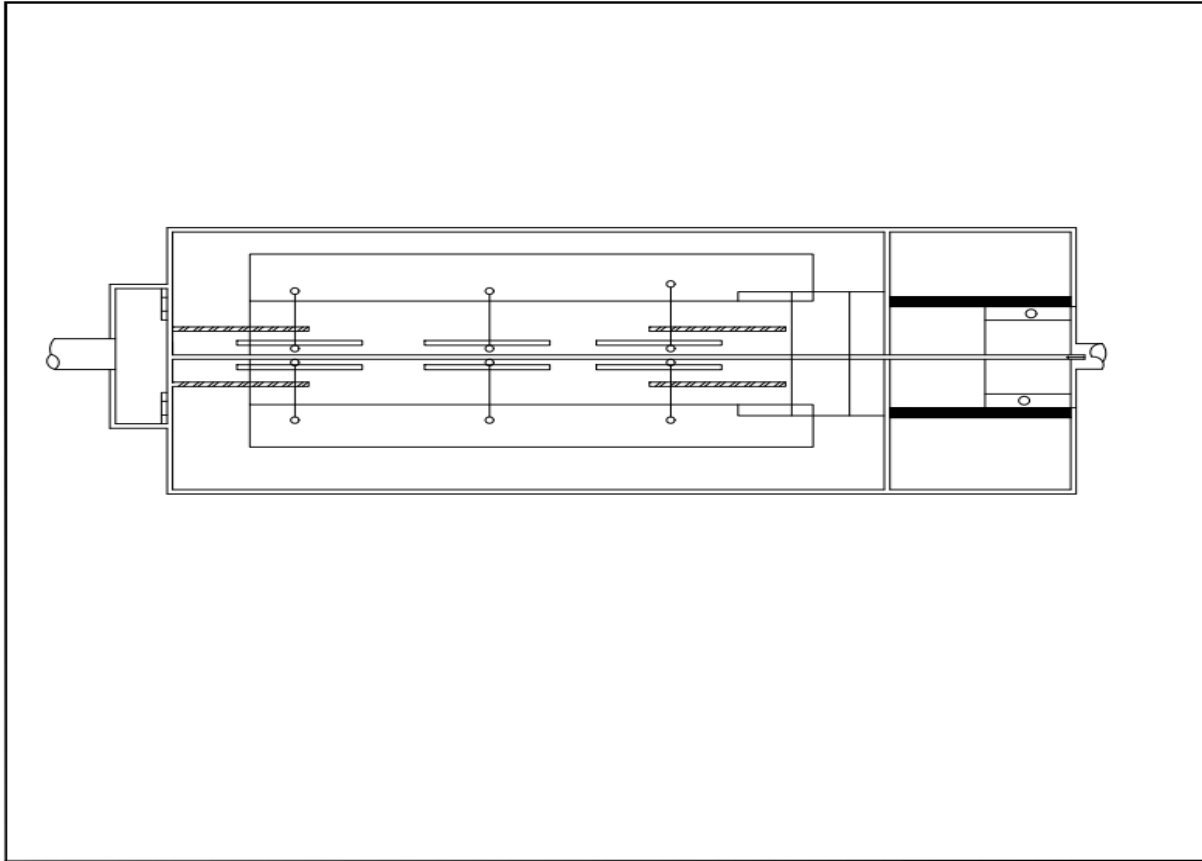
Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA	NO. GAMBAR
Bervariasi	



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Aerated Grit Chamber Tampak Atas

MAHASISWA

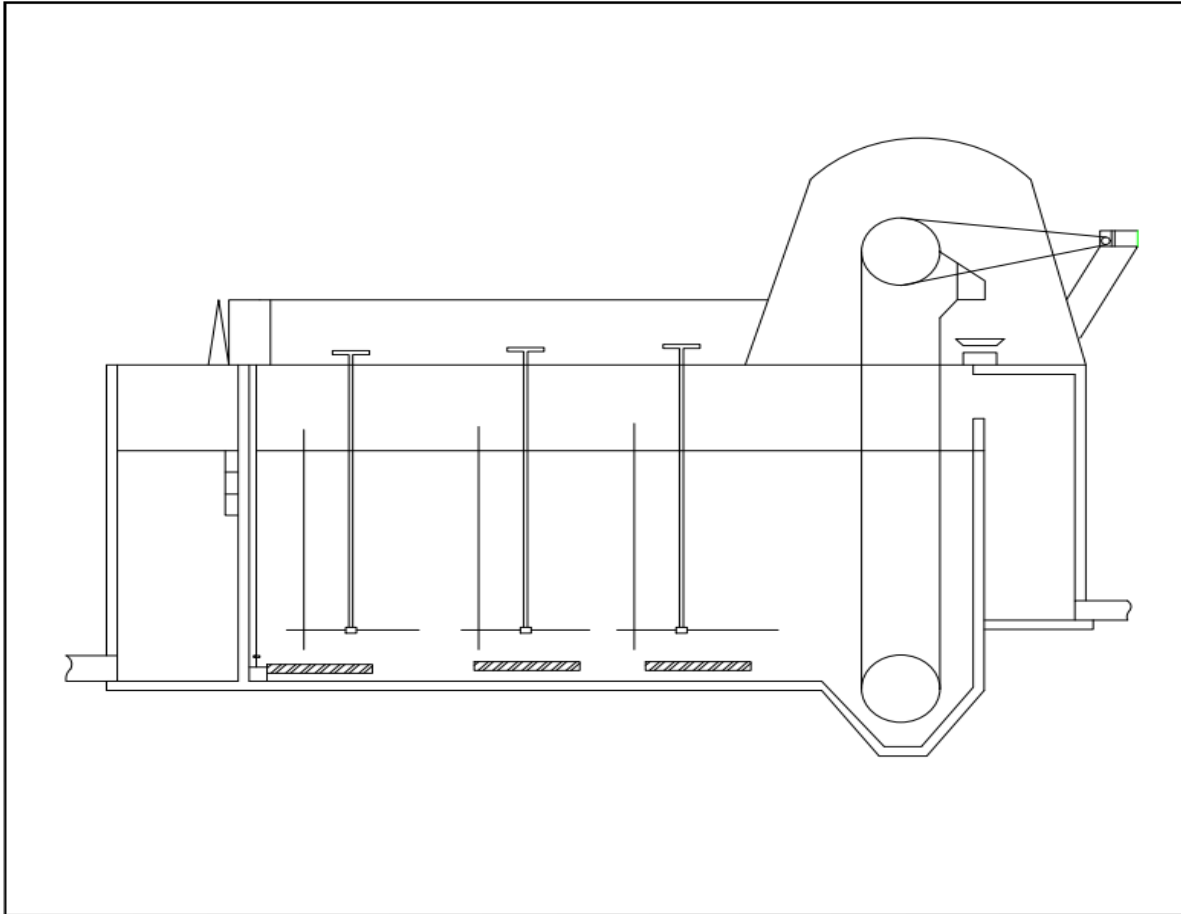
Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA	NO. GAMBAR
Bervariasi	



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
 Pengolahan Air Limbah Domestik
 Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Aerated Grit Chamber Tampak Samping

MAHASISWA

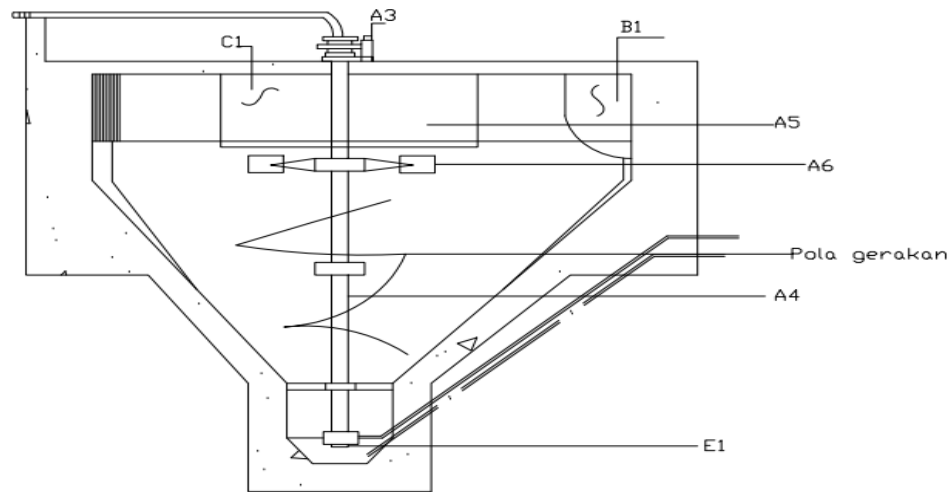
Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA	NO. GAMBAR
Bervariasi	



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
 Pengolahan Air Limbah Domestik
 Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Vortex Grit Chamber Tampak samping
 MAHASISWA

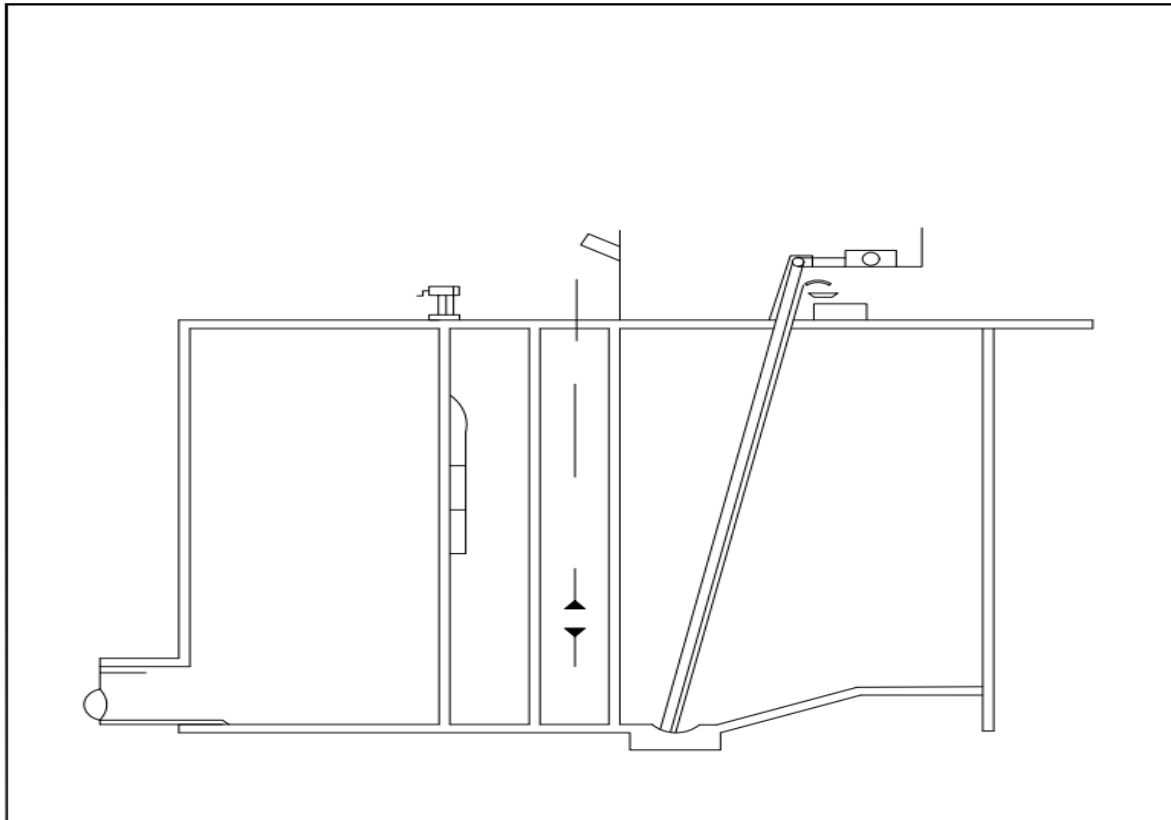
Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA	NO. GAMBAR
Bervariasi	



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 TEKNIK LINGKUNGAN

JUDUL TUGAS

Perencanaan dan Modeling Sistem
 Pengolahan Air Limbah Domestik
 Terpusat (SPALD-T) Kota Mataram

JUDUL GAMBAR

Saringan sampah mekanik (tampak samping)

MAHASISWA

Nadilla Anggriani 17513030

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Joni Aldilla fajri, S.T., M.Eng
 Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T

LEGENDA

SKALA

NO. GAMBAR

Bervariasi

الجمعة الاستاذة الانيصة