

TA/TL/2022/1462

**TUGAS AKHIR**

***BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL DARI IPAL DOMESTIK  
MENGUNAKAN PROSES BARDENPHO MELALUI  
PENDEKATAN MODEL SIMULASI MENGGUNAKAN  
SOFTWARE STOAT***

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



**SITI ARAFAH ALAWIYAH**

**18513219**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2022**

**TUGAS AKHIR**

**BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL DARI IPAL DOMESTIK  
MENGUNAKAN PROSES BARDENPHO MELALUI PENDEKATAN  
SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE STOAT**

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



**Disusun Oleh**

**Siti Arafah Alawiyah**

**18513219**

**Disetujui**

**Dosen Pembimbing I:**

**Dr. Eng. Awaluddin Nuraisyanto, S.T., M.Eng.**

**NIK: 095130403**

**Tanggal: 20/7/22**

**Dosen Pembimbing II:**

**Noviani Ima Wantoatri, S.T., M.T.**

**NIK: 195130102**

**Tanggal: 20/7/22**

**Mengetahui,**



**Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII**

**Eko Sisworo, S.T., M.Sc, ES., M.Sc., Ph.D.**

**NIK: 025100406**

**Tanggal: 27/7/22**

**HALAMAN PENGESAHAN**

***BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL DARI IPAL DOMESTIK  
MENGUNAKAN PROSES BARDENPHO MELALUI  
PENDEKATAN SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE***

**STOAT**

**Hari Jum'at**

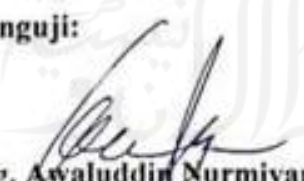
**Tanggal 15 Mei 2022**

**Disusun Oleh**

**Siti Arafah Alawiyah**

**18513219**

**Tim Penguji:**

  
**Dr. Eng. Awaluddin Nurmianto, S.T., M.Eng.**

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

  
**Dr. Joni Aldilla Fairi, S.T., M.Eng.**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Siti Arafah Alawiyah

Nim : 18513219

Program Studi : Teknik Lingkungan

Dengan ini saya menyatakan bahwa penelitian ini yang berjudul "**BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL DARI IPAL DOMESTIK MENGGUNAKAN PROSES BARDENPHO MELALUI PENDEKATAN SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE BARDENPHO**" merupakan penelitian yang dibuat secara asli atas pemikiran dan pemaparan dari saya sendiri serta belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya namun jika terdapat karya orang lain yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini, saya telah mencatumkan nama penulis dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tidak ada tekanan serta paksaan dari pihak manapun, apabila terdapat hal yang menyimpang pada penelitian ini maka saya akan bertanggung jawab atas konsekuensi apapun.

Yogyakarta, 15 April 2022



Siti Arafah Alawiyah

18513219

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah hirobbil alamin, puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala rahmat, hidayah dan perlindungannya yang telah memberikan saya kesempatan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “***Biological Nutrient Removal* Dari IPAL Domestik Menggunakan Proses Bardenpho Melalui Pendekatan Simulasi Menggunakan Software STOAT**” Tugas Akhir ini disusun dengan sebaik-baik nya dalam memenuhi persyaratan lulus kuliah Derajat Sarjana (S1) Program Studi Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia.

Selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, saya banyak mendapatkan dukungan yang sangat membantu dalam membangun motivasi saya hingga sampai saat ini, baik itu dari keluarga maupun teman-teman saya. Maka dari itu saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan saya rahmat dan kesehatan selama penyusunan tugas akhir ini, serta menumbuhkan dalam hati saya untuk mengejar impian saya
2. Orang tua saya yang telah memberikan doa dan menumbuhkan rasa percaya diri selama penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmianto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 1, yang telah meluangkan waktu dari bulan Desember untuk membimbing Tugas akhir, dan memberikan ilmu serta arahan yang memicu semangat kepada saya dan teman-teman kelompok Tugas Akhir.
4. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2, yang telah menyempatkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dan arahan terhadap Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng selaku dosen penguji, yang telah memberikan masukan dan arahan terhadap Tugas Akhir saya

6. Mas Heriyanto, A.Md. selaku bidang administrasi, yang telah menyempatkan waktunya dalam memberikan informasi terkait TA.
7. Zaenal Ma'rif (alm) selaku teman saya yang telah memberikan saya semangat dan kebahagiaan dalam melaksanakan penyusunan Tugas Akhir.
8. Salod, Carisa, Intan selaku teman saya yang telah membantu dan memberikan semangat yang begitu membara, dan selalu membawa kegembiraan di kala penyusunan Tugas Akhir Ini.
9. Teman saya SMP yakni Olin, Rara, Ica yang telah memberikan semangat saya dalam membuat TA serta yg sering menanyakan terkait kapan lulus
10. Teman satu topik Tugas akhir Resti, Gita, Ocak, Dinda yang telah bekerja sama dalam melakukan penyusunan Tugas Akhir

15 April 2022

Siti Arafah Alawiyah



## ABSTRAK

*Biological Nutrient Removal* Dari IPAL Domestik Menggunakan Proses Bardenpho Melalui Pendekatan Simulasi Menggunakan *Software* Bardenpho. Dibimbing Oleh Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng dan Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. Disusun Oleh Siti Arafah Alawiyah.

Air limbah IPAL bersumber dari aktivitas manusia (Domestik) seperti toilet, pasar, kantor, dan sebagainya. Karakteristik influent dan effluent air limbah ditinjau dari hasil uji laboratorium. Manusia secara substansial juga menghasilkan limbah yang mengandung senyawa fosfat sehingga berpotensi terjadinya eutrofikasi pada badan air dan *algae bloom*. Penelitian ini menggunakan 2 skenario yaitu skenario 1 Teknologi lumpur aktif menggunakan proses biologis, yang dimana mengandung mikroorganisme untuk menghilangkan bakteri yang tersuspensi dalam air. Penerapan skenario 2 teknologi untuk penyisihan nutrien pada IPAL domestik menggunakan model Bardenpho yang bertujuan untuk melihat performa teknologi dalam menyisihkan kadar nitrogen dan fosfor. Pada proses bardenpho menggunakan lima zona yaitu *anaerobic-anoxic-aerobic-anoxic-aerobic*. Simulasi teknologi penyisihan nutrient melalui pemodelan dengan menggunakan *software* STOAT *version*. 5.0 sehingga didapatkan persentase penyisihan (efisiensi removal) skenario 1 efisiensi removal TN sebesar 3.21% dan TF 2.02%, sementara simulasi skenario 2 pada kadar TN sebesar 9.7% dan TF sebesar 69.83% dengan demikian kapabilitas penyisihan kadar TN dan TF pada skenario 2 Teknologi Bardenpho dapat diterapkan dalam perencanaan IPAL X. Analisis ini didasarkan pada logika sehingga dapat memaksimalkan *Strength* (kekuatan) Opportunities (peluang), tetapi pada saat bersamaan juga dapat meminimalkan *Weakness* (kelemahan) dan Threats (ancaman). Hasil simulasi penyisihan kadar nutrien (nitrogen dan fosfor) akan dianalisis menggunakan analisis SWOT yang memiliki nilai skoring dan pembobotan berdasarkan faktor internal dan eksternal, berdasarkan analisa kuantitatif SWOT skenario 1 yang memiliki nilai selisih (S-W) sebesar -4 dan nilai selisih (O-T) sebesar -10 berada pada kuadran IV untuk skenario 2 nilai selisih (S-W) sebesar 5 dan nilai selisih (O-T) sebesar -3 yang berada pada kuadran ke I, sehingga teknologi Bardenpho dalam menerapkan perencanaan untuk 10 tahun ke depan.

Kata Kunci: Bardenpho, Eutrofikasi, IPAL, Lumpur Aktif, STOAT versi 5.0, SWOT, Total Fosfor, Total Nitrogen

## ABSTRACT

*Biological Nutrient Removal From Domestic WWTP Using Bardenpho Process Through Simulation Approach Using Software* . Supervised by Dr. eng. Awaluddin Nurmiyanto, ST, M.Eng and Noviani Ima Wantoputri, ST, MT Compiled by Siti Arafah Alawiyah.

WWTP wastewater is sourced from human activities (domestic) such as toilets, markets, offices, and so on. The characteristics of the influent and effluent of wastewater are reviewed from the results of laboratory tests. Humans also substantially produce waste containing phosphate compounds so that it has the potential for eutrophication in water bodies and *algae blooms* . This study uses 2 scenarios, namely scenario 1 Activated sludge technology uses a biological process, which contains microorganisms to remove bacteria suspended in water. The application of scenario 2 technology for nutrient removal in domestic WWTP uses the Bardenpho model which aims to see the performance of the technology in removing nitrogen and phosphorus levels. The bardenpho process uses five zones, namely *anaerobic-anoxic-aerobic-anoxic-aerobic*. Nutrient removal technology simulation through modeling using *software* STOAT *version* 5.0 so that the percentage removal (removal efficiency) in scenario 1 is 3.21% TN removal efficiency and TF 2.02%, while scenario 2 simulation for TN levels is 9.7% and TF is 69.83%, thus the capability of removing TN and TF levels in scenario 2 Bardenpho Technology can be applied in the planning of WWTP X. This analysis is based on logic so that it can maximize *Strength* (strength) Opportunities (opportunities), but at the same time can also minimize *Weaknesses* (weaknesses) and Threats (threats). The simulation results of the removal of nutrient levels (nitrogen and phosphorus) will be analyzed using SWOT analysis which has a scoring and weighting value based on internal and external factors, based on quantitative analysis of SWOT scenario 1 which has a difference value (SW) of -4 and a difference value (OT) of -10 is in quadrant IV for scenario 2, the difference value (SW) is 5 and the difference value (OT) is -3 which is in quadrant I, so Bardenpho technology in implementing planning for the next 10 years.

Keywords: Bardenpho, Eutrophication, WWTP, Activated Sludge, STOAT version 5.0, SWOT, Total Phosphorus, Total Nitrogen.



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
NOTASI .....	xiv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).....	5
2.2 Karakteristik Air Limbah.....	5
2.3 Lumpur Aktif (Activated Sludge).....	7
2.4 Proses Bardenho.....	8
2.5 Software STOAT .....	9
2.5 Penelitian Terdahulu .....	10
BAB III.....	13
METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Metode Penelitian .....	13
3.2 Tahapan penelitian.....	15
3.3 Rancangan Unit IPAL.....	15
3.4 Data input.....	20
3.5 <i>Software</i> STOAT .....	28
3.6 Perbandingan skenario .....	29

3.7	Analisis Strength, Weakness, Opportunities, Threats (SWOT) .....	30
BAB IV	.....	32
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	32
4.1	Proyeksi penduduk.....	32
4.1.1	Aritmatika.....	33
4.1.2	Geometri.....	33
4.1.3	<i>Least Square</i> .....	34
4.2	Debit Air Limbah .....	36
4.3	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).....	36
4.3.1	Karakteristik Air dan Beban Pengolahan .....	38
4.3.2	Prosedur Simulasi Penyisihan Nutrien (Nitrogen dan Fosfor) .....	40
4.3.4	Perhitungan Preliminary Treatment.....	49
4.3.5	Perhitungan Secondary Treatment .....	50
4.3.6	<i>Tertiary Treatment</i> .....	53
4.4	Hasil Skenario 1 Lumpur aktif dan Skenario 2 Bardenpho .....	55
4.4.1	Simulasi Model Bardenpho <i>Software</i> STOAT .....	55
4.4.2	Perbandingan Beban Pengolahan Skenario 1 dan Skenario 2.....	66
4.5	Analisis SWOT (strength,weakness, opportunities, threats) pada IPAL X..	67
BAB V	.....	72
KESIMPULAN & SARAN	.....	72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	.....	75
LAMPIRAN I	.....	77
PROYEKSI PENDUDUK DAERAH PELAYANAN	.....	77
LAMPIRAN II	.....	95
PERHITUNGAN MANUAL PADA IPAL X	.....	95

## DAFTAR TABEL

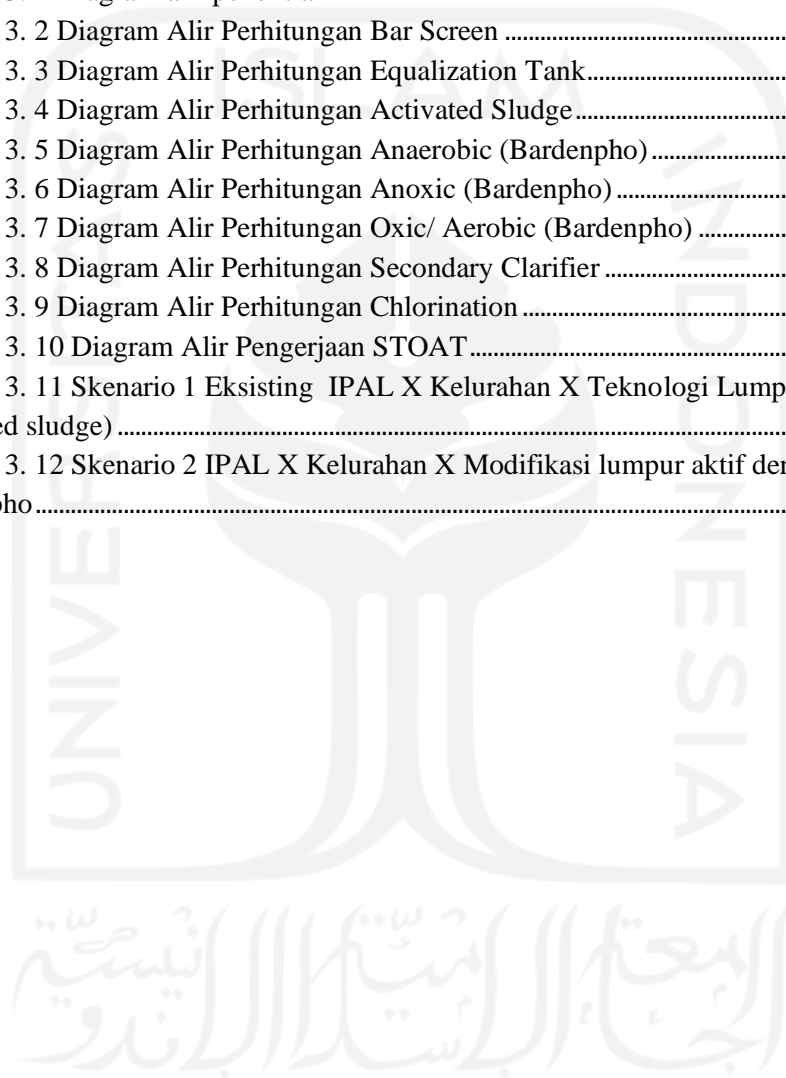
Tabel 2. 1 Fungsi Pada Setiap Bak Bardenpho.....	9
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	10
Tabel 3. 1 Data Input Parameter STOAT 5.0.....	21
Tabel 3. 2 Data Input Influent Pada STOAT.....	21
Tabel 3. 3 Data Input Bar Screen Pada STOAT.....	21
Tabel 3. 4 Data Input Bak Equalisasi Pada STOAT.....	22
Tabel 3. 5 Data Input Lumpur Aktif dan Bardenpho Pada STOAT.....	22
Tabel 3. 6 Data Input Secondary Clarifier Pada STOAT.....	23
Tabel 3. 7 Data Input Chlorination Tank Pada STOAT.....	23
Tabel 3. 8 Data Input Bar Screen.....	24
Tabel 3. 9 Data Input Equalization tank.....	24
Tabel 3. 10 Data Input Bak Lumpur Aktif.....	25
Tabel 3. 11 Data Input Bardenpho.....	26
Tabel 3. 12 Data Input Secondary Clarifier.....	27
Tabel 3. 13 Data Input Lumpur Aktif.....	27
Tabel 3. 14 Data Input Secondary Bardenpho.....	28
Tabel 3. 15 Data Input Klorinasi.....	28
Tabel 3. 16 Matriks Analisis SWOT.....	31
Tabel 4. 1 Proyeksi Penduduk 10 Tahun Kedepan dengan 3 Metode.....	35
Tabel 4. 2 Proyeksi Debit IPAL X.....	36
Tabel 4. 3 Karakteristik Air Limbah.....	38
Tabel 4. 4 Beban Pengolahan Air Limbah.....	39
Tabel 4. 5 Kriteria Desain Bar Screen.....	49
Tabel 4. 6 Kriteria Desain Bak Ekualisasi.....	50
Tabel 4. 7 Kriteria Desain Lumpur Aktif.....	51
Tabel 4. 8 Kriteria Desain Bardenpho.....	52
Tabel 4. 9 Kriteria Desain Secondary Clarifier.....	53
Tabel 4. 10 Kriteria Desain Chlorination.....	53
Tabel 4. 11 Kesesuaian Hasil Simulasi Skenario 1 Lumpur Aktif dengan Baku mutu.....	56
Tabel 4. 12 Konsentrasi Mean Minimum Maximum Teknologi Lumpur Aktif.....	57
Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Skenario 2 dengan Baku Mutu.....	59
Tabel 4. 14 Konsentrasi Mean Minimum Maximum Pada Setiap Stage.....	60
Tabel 4. 15 Efisiensi Removal Amoniak, Nitrat, Fosfor.....	65
Tabel 4. 16 Perbandingan Beban Pengolahan Aktual Proses Lumpur Aktif dan Proses Bardenpho.....	66
Tabel 4. 17 Analisis SWOT Skenario 1 Activated Sludge.....	69
Tabel 4. 18 Analisis SWOT Skenario 2 Bardenpho.....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Alir Proses Lumpur Aktif (Activated Sludge) .....	8
Gambar 2. 2 Diagram alir Modifikasi Lumpur Aktif menggunakan Proses Bardenpho .....	9
Gambar 2. 3 Tampilan STOAT Versi 5.0.....	10
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen .....	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Equalization Tank.....	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Activated Sludge .....	18
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Anaerobic (Bardenpho).....	18
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Anoxic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Oxic/ Aerobic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier .....	20
Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Chlorination .....	20
Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengerjaan STOAT.....	29
Gambar 3. 11 Skenario 1 Eksisting IPAL X Kelurahan X Teknologi Lumpur Aktif (activated sludge) .....	29
Gambar 3. 12 Skenario 2 IPAL X Kelurahan X Modifikasi lumpur aktif dengan Proses Bardenpho .....	30
Gambar 4. 1 Metode Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika .....	33
Gambar 4. 2 Metode Proyeksi Penduduk Metode Geometrik.....	33
Gambar 4. 3 Metode Proyeksi Penduduk Metode Least Square.....	34
Gambar 4. 4 Diagram IPAL X Skenario 1 .....	37
Gambar 4. 5 Diagram IPAL X Skenario 2 .....	37
Gambar 4. 6 Skenario 2 Layout IPAL X Bardenpho.....	40
Gambar 4. 7 Name and Dimensions Bar Screen .....	41
Gambar 4. 8 Name and Dimensions Bak Ekualisasi .....	41
Gambar 4. 9 Name and Dimensions Activated Sludge (Skenario 1) .....	42
Gambar 4. 10 Name and Dimensions Bardenpho Modifikasi Activated Sludge (Skenario 1).....	42
Gambar 4. 11 Name and Dimensions Secondary Clarifier .....	43
Gambar 4. 12 Name and Dimensions Chlorine .....	43
Gambar 4. 13 Tampilan STOAT Saat Run .....	44
Gambar 4. 14 Influent Profile STOAT .....	45
Gambar 4. 15 Initial Data Bak Ekualisasi.....	46
Gambar 4. 16 MLSS Recycle Bardenpho.....	47
Gambar 4. 17 Initial Data Bardenpho.....	47
Gambar 4. 18 Operation Secondary Clarifier .....	48
Gambar 4. 19 Initial Data Secondary Clarifier .....	48
Gambar 4. 20 Operation Chlorine.....	49
Gambar 4. 21 Hasil Running Skenario 1 Teknologi Lumpur Aktif Software STOAT.....	55
Gambar 4. 22 Hasil Running Skenario 2 Teknologi Bardenpho Software STOAT.....	58
Gambar 4. 23 Grafik Mean Pada Teknologi Bardenpho.....	61

Gambar 4. 24 Grafik perbandingan Konsentrasi TN dan TP pada Skenario 1 dan Skenario 2 .....	63
Gambar 4. 25 Skema Proses Setiap Stage Bardenpho .....	64
Gambar 4. 26 Grafik Analisis SWOT Skenario 1 dan Skenario.....	71
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen .....	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Equalization Tank.....	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Activated Sludge .....	18
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Anaerobic (Bardenpho) .....	18
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Anoxic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Oxic/ Aerobic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier .....	20
Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Chlorination .....	20
Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengerjaan STOAT.....	29
Gambar 3. 11 Skenario 1 Eksisting IPAL X Kelurahan X Teknologi Lumpur Aktif (activated sludge) .....	29
Gambar 3. 12 Skenario 2 IPAL X Kelurahan X Modifikasi lumpur aktif dengan Proses Bardenpho .....	30
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen .....	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Equalization Tank.....	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Activated Sludge.....	18
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Anaerobic (Bardenpho) .....	18
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Anoxic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Oxic/ Aerobic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier .....	20
Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Chlorination .....	20
Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengerjaan STOAT.....	29
Gambar 3. 11 Skenario 1 Eksisting IPAL X Kelurahan X Teknologi Lumpur Aktif (activated sludge) .....	29
Gambar 3. 12 Skenario 2 IPAL X Kelurahan X Modifikasi lumpur aktif dengan Proses Bardenpho .....	30
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen .....	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Equalization Tank.....	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Activated Sludge .....	18
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Anaerobic (Bardenpho) .....	18
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Anoxic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Oxic/ Aerobic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier .....	20
Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Chlorination .....	20
Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengerjaan STOAT.....	29

Gambar 3. 11 Skenario 1 Eksisting IPAL X Kelurahan X Teknologi Lumpur Aktif (activated sludge) .....	29
Gambar 3. 12 Skenario 2 IPAL X Kelurahan X Modifikasi lumpur aktif dengan Proses Bardenpho .....	30
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen .....	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Equalization Tank.....	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Activated Sludge .....	18
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Anaerobic (Bardenpho) .....	18
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Anoxic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Oxic/ Aerobic (Bardenpho) .....	19
Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier .....	20
Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Chlorination .....	20
Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengerjaan STOAT.....	29
Gambar 3. 11 Skenario 1 Eksisting IPAL X Kelurahan X Teknologi Lumpur Aktif (activated sludge) .....	29
Gambar 3. 12 Skenario 2 IPAL X Kelurahan X Modifikasi lumpur aktif dengan Proses Bardenpho .....	30



## NOTASI

BM = Baku mutu

BPA = Beban Pengelolaan Aktual

BPE 1 = Beban Pengolahan Effluent Skenario 1

BPE 2 = Beban Pengolahan Effluent Skenario 2

DBM = Diatas Baku Mutu

KE = Konsentrasi Effluent

KI = Konsentrasi Influent

KEB = Konsentrasi Effluent Bardenpho

KELA = Konsentrasi Effluent Lumpur Aktif



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan perangkat teknik yang mampu memproses atau mengolah cairan atau limbah yang berasal dari permukiman masyarakat, sehingga limbah tersebut layak dibuang ke lingkungan. Menurut Pedoman Pengelolaan Air Limbah Perkotaan Departemen Kimpraswil (2013) faktor yang menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan air limbah domestik yaitu kepadatan penduduk, sumber air, kedalaman muka air tanah, serta kemampuan biaya. Air limbah domestik (aktivitas manusia) umumnya berasal dari toilet, pasar, kantor, dan sebagainya.

Karakteristik influent dan effluent air limbah ditinjau dari hasil uji laboratorium. Manusia secara substansial juga menghasilkan limbah yang mengandung senyawa fosfat. Senyawa fosfat terkandung dalam deterjen yang biasa digunakan untuk kebutuhan domestik. Permukiman juga berkontribusi sebagai sumber pencemar tersebar senyawa fosfor termasuk aktivitas dalam penggunaan bahan kimia. Marchbub, dkk (2003) menyatakan bahwa kerusakan yang terjadi pada danau dan waduk disebabkan oleh pencemaran limbah organik dan zat hara (unsur nitrogen dan fosfor) sehingga menyebabkan eutrofikasi kultural. Potensi pencemaran akibat terjadinya eutrofikasi mengakibatkan menurunnya konsentrasi oksigen terlarut di zona hipolimnium, menurunnya transparansi perairan dan meningkatnya padatan tersuspensi yang mengandung bahan organik. Supradata (2005) menyatakan kerja sistem pengolahan air limbah yang



terdapat unsur zat hara (nutrien) akan dimanfaatkan oleh tumbuhan perakaran (Rhizosphere) menjadi senyawa yang sederhana.

Peningkatan kualitas mutu badan air terutama pada Nutrien dan Fosfat pada limbah domestik dilakukan dengan model Bardenpho yang dimana dapat mengurangi kadar nutrient. Penerapan teknologi untuk penyisihan nutrien pada IPAL domestik menggunakan model Bardenpho, pada proses ini menggunakan dua zona anoksik untuk penghilangan nitrogen dan kombinasi anaerobik untuk penghilangan fosfat. Proses Bardenpho merupakan proses modifikasi dari teknologi lumpur aktif menjadi proses yang lebih meningkatkan dalam penyisihan kadar nutrient (nitrogen dan fosfor) proses bardenpho memiliki lima reaktor yaitu *anaerobic-anoxic-aerobic-anoxic-aerobic*. Pada penelitian ini teknologi yang digunakan dalam penurunan nutrien di IPAL X yaitu proses lumpur aktif (*activated sludge*). Menurut Asmadi dan Suharno (2012) lumpur aktif merupakan proses pengolahan secara biologis, proses ini merupakan proses aerobik yang senyawa organik dioksidasi menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4$ . Lumpur aktif mengandung berbagai mikroorganisme, sehingga lumpur aktif termasuk campuran antara lumpur dan mikroorganisme yang mampu mengelola limbah.

Berdasarkan data sekunder, terdapat beberapa karakteristik air limbah yang melebihi baku mutu. Maka dari itu dilakukan *Biological Nutrient Removal* Dari IPAL Domestik Menggunakan Proses Bardenpho Melalui Pendekatan Model Simulasi Menggunakan Software STOAT. Upaya yang dilakukan dalam penyisihan nutrien pada IPAL domestik yaitu dengan melakukan teknologi lumpur aktif yang dimodifikasi dengan proses Bardenpho sehingga dilakukan perbandingan pada existing IPAL X yang menggunakan teknologi lumpur aktif (*activated sludge*). Dalam simulasi pengolahan air limbah menggunakan software STOAT dengan mengetahui efisiensi pengolahan dan kualitas effluent yang dihasilkan dari pengolahan

tersebut dengan standar baku mutu PerMen LH Nomor 68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perhitungan manual yang dilakukan dalam perencanaan IPAL X dengan teknologi Lumpur Aktif dan Bardenpho?
2. Bagaimana penyisihan nutrien pada IPAL X melalui proses Bardenpho menggunakan *software* STOAT versi 5.0?
3. Bagaimana performa dalam penurunan kadar nutrien IPAL X yang baik proses Bardenpho atau proses lumpur aktif ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Melakukan perhitungan manual yang dilakukan dalam perencanaan Lumpur Aktif dan Bardenpho yang digunakan sebagai perbandingan efisiensi removal pada pengolahan air limbah di IPAL X.
2. Mensimulasikan penyisihan nitrogen dan fosfor (nutrien) melalui proses Bardenpho di IPAL menggunakan *software* STOAT versi 5.0
3. Menganalisis performa proses bardenpho menggunakan analisis SWOT sehingga dapat diterapkan di IPAL X

## **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup yang digunakan di penelitian ini yaitu:

1. Data input dari penelitian ini menggunakan data sekunder yang meliputi jumlah penduduk, teknologi IPAL, data kualitas influent dan effluent dan lainnya sebagai referensi IPAL X

2. Analisis pemodelan bardenpho menggunakan Software STOAT versi 5.0
3. Data yang dihasilkan berupa performa penyisihan nutrien (nitrogen dan fosfor) IPAL eksisting X dengan model Bardenpho

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang didapatkan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagi Ilmu Pengetahuan
  - Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi pembelajaran, khususnya bagi mahasiswa yang sedang melangsungkan penelitian dengan topik yang sama
2. Bagi Masyarakat
  - Dapat digunakan sebagai referensi tambahan mengenai penggunaan software STOAT untuk simulasi penyisihan nitrogen dan fosfor
3. Bagi Pemerintah
  - Dapat sebagai referensi untuk mengambil keputusan dalam menganalisis penyisihan nitrogen dan fosfor dengan menggunakan software STOAT.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)**

Menurut Agung et al (2018) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) merupakan bangunan yang dirancang berfungsi sebagai pengelolaan dan pengolahan limbah cair biologis dan kimiawi, sehingga limbah tersebut memenuhi baku mutu air limbah. Menurut Peraturan Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017 sistem IPAL domestik adalah suatu kegiatan pengelolaan air limbah domestik atau air limbah berdasarkan aktivitas manusia yang bertujuan untuk mengelola air limbah domestik. Menurut Belladonna (2017) IPAL ini merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah cair dari industri yang berfungsi sebagai alat menghilangkan atau mensterilkan cemaran dari hasil limbah ke baku mutu sebelum limbah dibuang.

#### **2.2 Karakteristik Air Limbah**

Parameter kualitas air limbah mengacu pada PerMen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik yang terdiri atas pH, BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, Amoniak, Total Coliform, Debit

##### **1. pH**

Nilai pH merupakan parameter pendukung yang penting dan perlu diperhatikan untuk analisis karena merupakan indikator dalam proses pengolahan air limbah. Derajat keasaman atau pH dengan nilai pH=7 bersifat netral, pH<7 bersifat asam dan pH> bersifat basa.

## 2. BOD

Menurut Metcalf and Eddy (2003) Biological Oxygen Demand (BOD) yaitu banyaknya oxygen dalam ppm atau mg/l yang digunakan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri sehingga dapat menjernihkan air limbah. Tingkat pencemaran di badan air oleh buangan organik dapat dilihat dari nilai BOD, jika nilai BOD tinggi maka semakin besar juga tingkat pencemaran di badan air tersebut.

## 3. COD

Menurut Rahmat & Mallongi (2018) Chemical Oxygen Demand (COD) yaitu jumlah kebutuhan oksigen kimia yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang terkandung di dalam air limbah. Pada prinsipnya pengujian COD adalah dengan penambahan dikromat tertentu yang berfungsi sebagai oksidator untuk mengoksidasi air sampel yang akan diuji.

## 4. TSS

Total Suspended Solid (TSS) yaitu padatan tersuspensi yang tidak larut dalam air atau melayang diatas air. Padatan ini berkaitan dengan tingkat kekeruhan dalam air limbah, kekeruhan ini disebabkan oleh bahan organik dan anorganik yang terlarut dan tersuspensi. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi yang terlarut maka air tersebut semakin keruh.

## 5. Minyak & lemak

Minyak & lemak memiliki komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Di dalam pengolahan air limbah kandungan minyak dan lemak harus disisihkan agar tidak mencemari kehidupan ekosistem air pada badan penerima air.

## 6. Amoniak

Menurut Yuwono (2010) indikator pencemaran udara pada bentuk kebauan. Amonia biasanya berasal dari aktivitas mikroba, industri

amonia, pengolahan limbah dan pengolahan batu bara. Amonia di atmosfer akan bereaksi dengan nitrat dan sulfat sehingga berbentuk garam ammonium yang sangat korosif.

7. Total Coliform

Menurut Knechtges (2011) coliform adalah bakteri gram negatif yang bersifat anaerob atau fakultatif anaerob, dan dapat memfermentasikan laktosa untuk menghasilkan asam dan gas pada suhu 35°C-37°C.

8. Debit

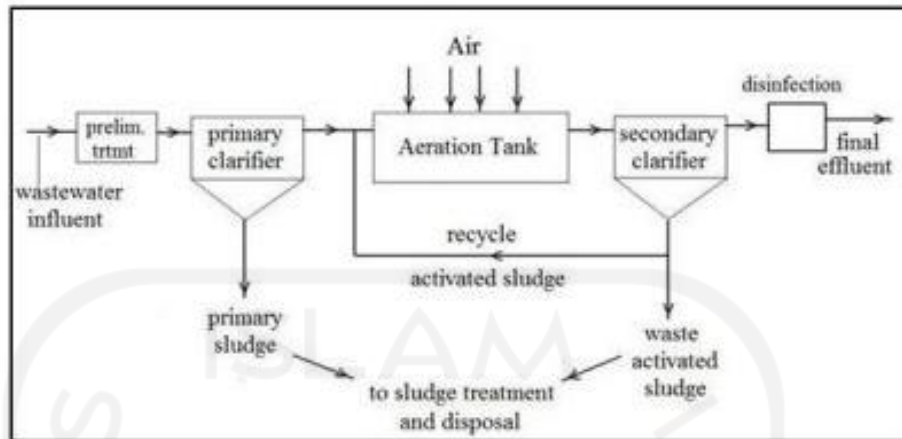
Menurut Asdak (2002) debit aliran adalah laju aliran air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu.

9. Nutrien

Nutrien merupakan zat hara yang mengandung nitrogen dan fosfor. Kadar nutrien yang tinggi dalam air limbah menyebabkan eutrofikasi sehingga dapat menyebabkan kerusakan ekosistem laut.

### 2.3 Lumpur Aktif (Activated Sludge)

Menurut Laksmi et (1993) lumpur aktif secara biologis yang kompleks bila dihasilkan menjadi limbah organik, yang mengandung berbagai mikroorganisme seperti bakteri, protozoa, dan kehidupan yang lebih tinggi, sehingga lumpur aktif ialah campuran antara lumpur dan mikroorganism yang dapat mengolah limbah. Menurut Samer (2015) proses lumpur aktif terdiri atas unit bak pengendapan awal, bak aerasi, bak pengendapan akhir, dan bak klorinasi. Pada teknologi lumpur aktif dapat berfungsi menghilangkan bakteri yang tersuspensi dalam air limbah, serta kandungan oksigen dan nutrisi yang tidak memiliki batas sehingga menyebabkan terjadinya kecepatan pertumbuhan dan respirasi pada bakteri semakin tinggi. Dapat dilihat pada **Gambar 2.1** merupakan diagram alir proses teknologi Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

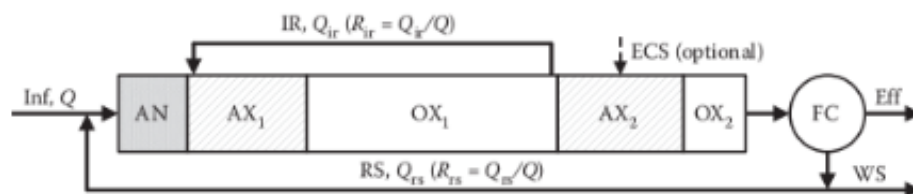


Gambar 2. 1 Diagram Alir Proses Lumpur Aktif (Activated Sludge)

Sumber: Suryani Dais (2022)

## 2.4 Proses Bardenho

Proses bardenpho dikembangkan oleh James Barnard di Asia Afrika pada tahun 1970. Proses Bardenpho digunakan untuk menyisahkan nitrogen dan fosfor dari air limbah melalui penggunaan modifikasi proses lumpur aktif. Menurut Mahdiati (2003) menyatakan bahwa proses modifikasi lumpur aktif di desain seperti proses nitrifikasi secara sempurna. Pengolahan limbah cair ini menggunakan dua zona anoksik untuk penghilangan nitrogen dan kombinasi anaerobik untuk penghilangan fosfat dan dua zona aerobik. Sehingga proses nya dikombinasikan menjadi *proses anaerobic-anoxic-aerobic-anoxic-aerobic* seperti yang tertera pada **Gambar 2.2**



Gambar 2. 2 Diagram alir Modifikasi Lumpur Aktif menggunakan Proses *Bardenpho*

Sumber: Kevin Wasterling (2013)

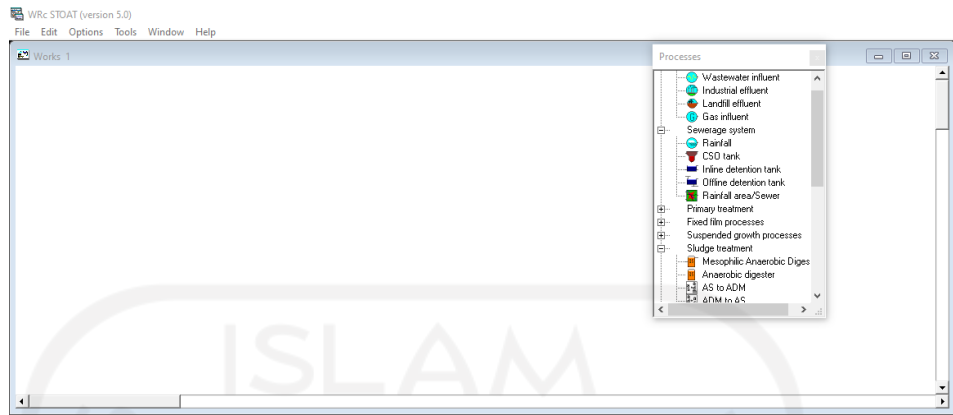
Tabel 2. 1 Fungsi Pada Setiap Bak *Bardenpho*

Anaerobic	Anoxic 1	Oxic 1	Anoxic 2	Oxic 2
Pada zona Anaerobic nitrat yang terbentuk akan mengalami denitrifikasi yang menjadi gas nitrogen, dan pada zona ini terjadi penghilangan posfor	Pada zona Anoxic 1 ini berfungsi untuk denitrifikasi sebagian besar dari nitrat, pada proses ini tidak ada kontak dengan oksigen	Pada zona aerobik, nitrogen-amonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat	Pada zona anoxic 2 ini berfungsi sebagai denitrifikasi nitrat dari zona aerobik 1 serta berfungsi sebagai penyerapan phosfor	Pada zona Oxic 2 ini terjadi proses nitrifikasi dan terjadinya oksidasi BOD

## 2.5 Software STOAT

Software yang digunakan dalam perencanaan IPAL ini yaitu STOAT. Software STOAT ini berfungsi untuk mensimulasikan kinerja instalasi pengolahan air limbah secara dinamis. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk mensimulasikan proses pengolahan individu atau seluruh instalasi pengolahan, termasuk proses pengolahan lumpur, impor tangki septik dan daur ulang. STOAT telah dikembangkan oleh WRC plc, Inggris. Software STOAT ini berfungsi sebagai pengolahan IPAL, Simulator mengadopsi model yang memungkinkan pengoptimalan respon IPAL.





Gambar 2. 3 Tampilan STOAT Versi 5.0

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam sumber penelitian agar dapat membantu untuk mensimulasikan yang akan dilakukan pada penelitian ini. Berikut ini merupakan contoh penelitian terdahulu:

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

Software	Model	Unit	Skenario	Hasil	Referensi
STOAT	ASAL 1	Lumpur aktif	Mensimulasikan kinerja dalam pengoptimalan desain dan modifikasi pada IPAL	Efisiensi penyisihan BOD sebesar 95.8% dan penyisihan kadar TSS sebesar 93.4 %	Hayder M. Issa (ARO p-ISSN: 2410-9355)

STOAT	ASM 1	Lumpur Aktif	Mensimulasikan kinerja proses biologis dalam pertumbuhan tersuspensi, yang termasuk oksidasi karbon, nitrifikasi, dan denitrifikasi dan mendapatkan hasil lumpur yang baik	Efisiensi penyisihan BOD sebesar 96.16%, untuk penyisihan kadar TSS sebesar 95.87 % dan untuk penurunan konsentrasi COD sebesar 95.68%	Makinia, 2010
-------	----------	-----------------	--	--	---------------

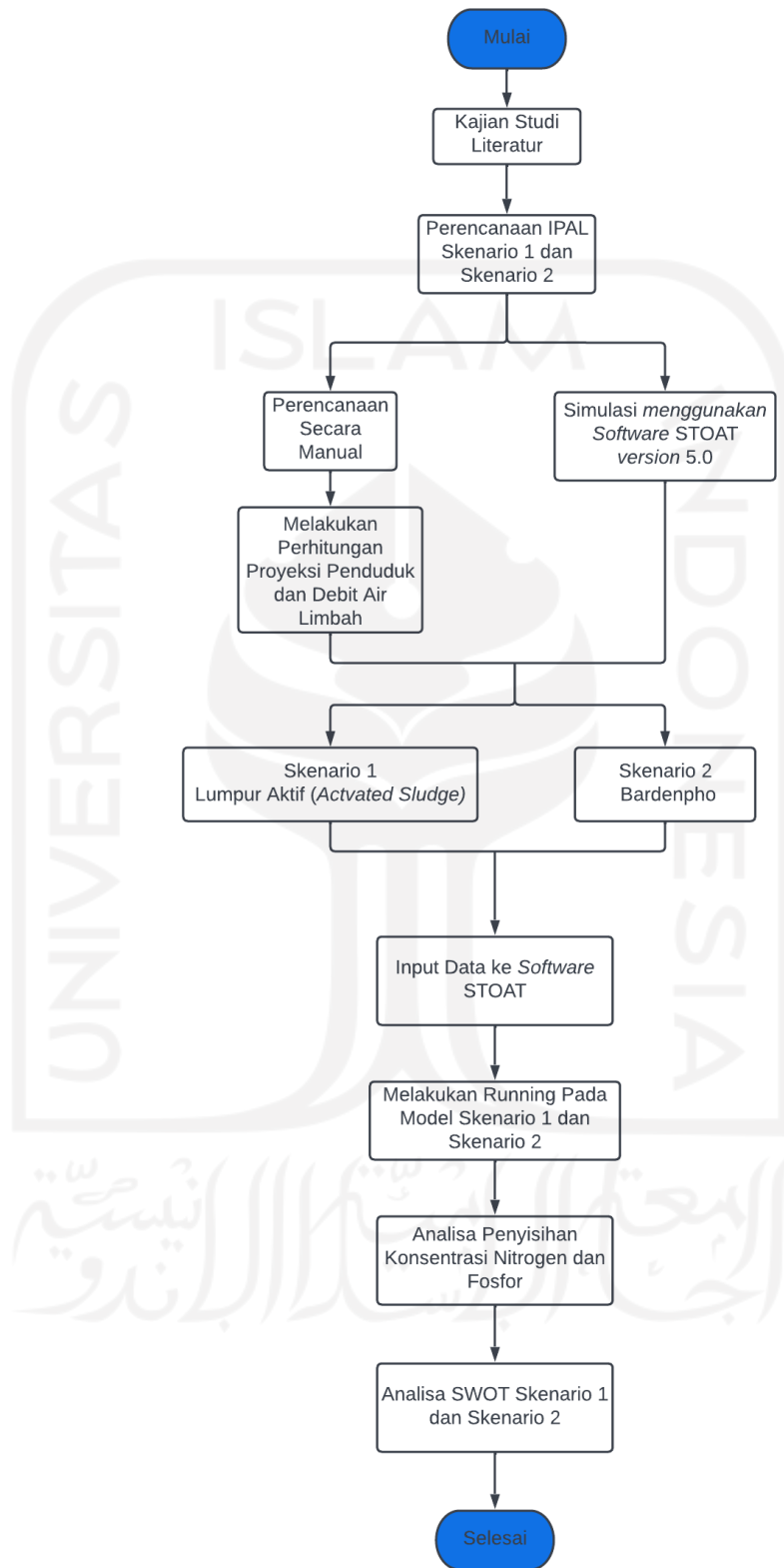
STOAT	ASM 2	Lumpur Aktif	Pada proses ASM2 ini dapat meningkatkan kemampuan ASM1 biofosfor, dan menambahkan denitrifikasi PAOs1.	Efisiensi penyisihan BOD sebesar 97.43%, untuk penyisihan kadar TSS sebesar 95.98% dan untuk penutunan konsentrasi COD sebesar 95.78%	Makinia, 2010
-------	----------	-----------------	--	---	------------------

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini penggunaan data berasal dari studi literatur baik di Indonesia maupun negara Asia, hal tersebut dilihat dari ketidak jauhannya iklim diantara negara Asia. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan IPAL X di Kelurahan X yang dilakukan dari bulan Desember 2021 sampai April 2022 dikarenakan tidak Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang dimana tahapan tersebut dilakukan dari awal dengan akhir. Pada **Gambar 3.1** merupakan metode penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

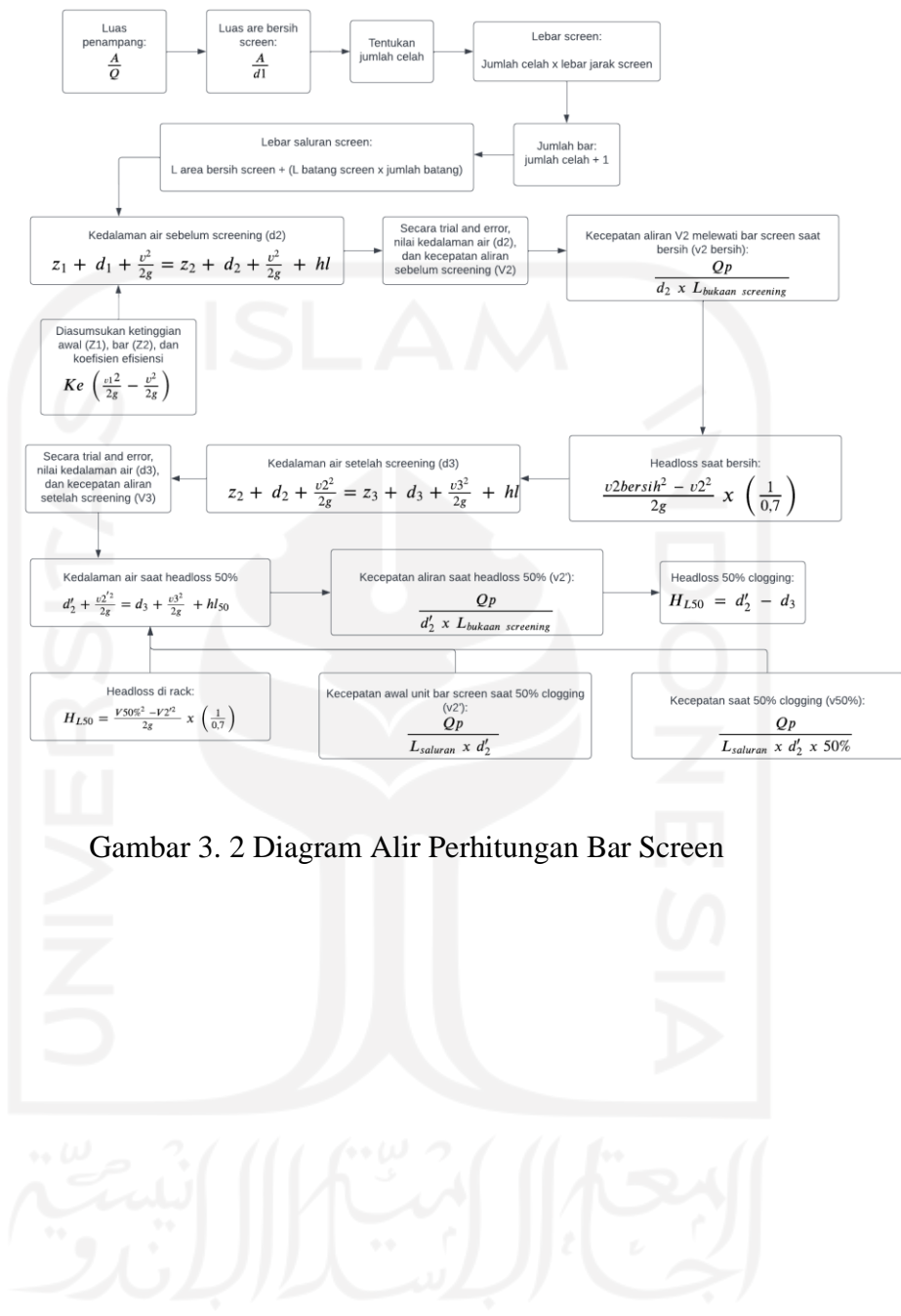
### 3.2 Tahapan penelitian

Pada penelitian ini terdapat 2 skenario dalam perencanaan IPAL X. Untuk skenario 1 perencana IPAL X menggunakan teknologi eksisting pada IPAL X, skenario 2 perencana IPAL X menggunakan proses bardenpho. Berikut adalah tahapan dalam penelitian:

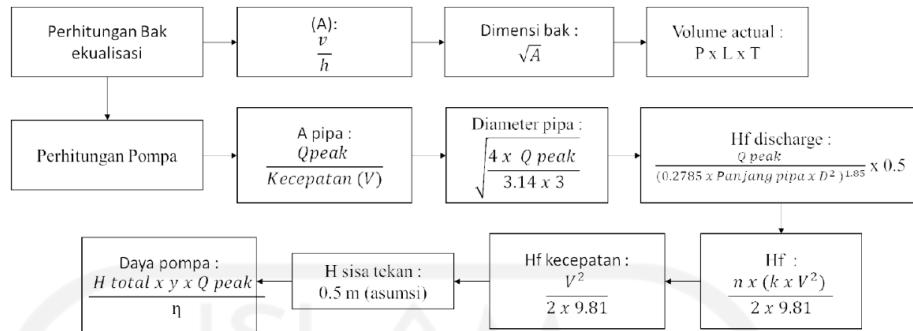
1. Melakukan pendataan melalui studi literatur yang terkait dalam skenario 1 dan skenario 2
2. Melakukan pembuatan model IPAL X teknologi lumpur aktif menggunakan *software* STOAT yang terdiri dari *Bar Screen*, *Equalization tank*, *Activated sludge*, *Secondary Clarifier*, dan *Chlorination*
3. Melakukan pembuatan model IPAL X teknologi lumpur aktif yang di modifikasi dengan proses bardenpho menggunakan *software* STOAT yang terdiri dari *Bar screen*, *Equalization tank*, *Anaerobic-Anoxic-Aerobic-Anoxic-Aerobic*
4. Melakukan analisis hasil simulasi yang terdapat pada *software* STOAT terhadap penyisihan kadar nutrien (nitrogen dan fosfor)

### 3.3 Rancangan Unit IPAL

Pada penelitian ini terdapat variabel tetap sehingga pada variabel tetap dilakukan perhitungan berdasarkan studi literatur sehingga dapat menghasilkan data berupa Debit, dimensi, HRT yang dapat kemudian dapat di input pada *software* STOAT. Kemudian hasil perhitungan ini akan dilakukan perbandingan dengan kriteria rancangan. Dapat dilihat pada **Gambar 3.2** hingga **Gambar 3.9** adalah alur perhitungan tiap unit seperti *Bar Screen*, *Equalization*, *Activated Sludge* (Lumpur Aktif), *Bardenpho*, *Secondary Clarifier*, *Chlorination*.



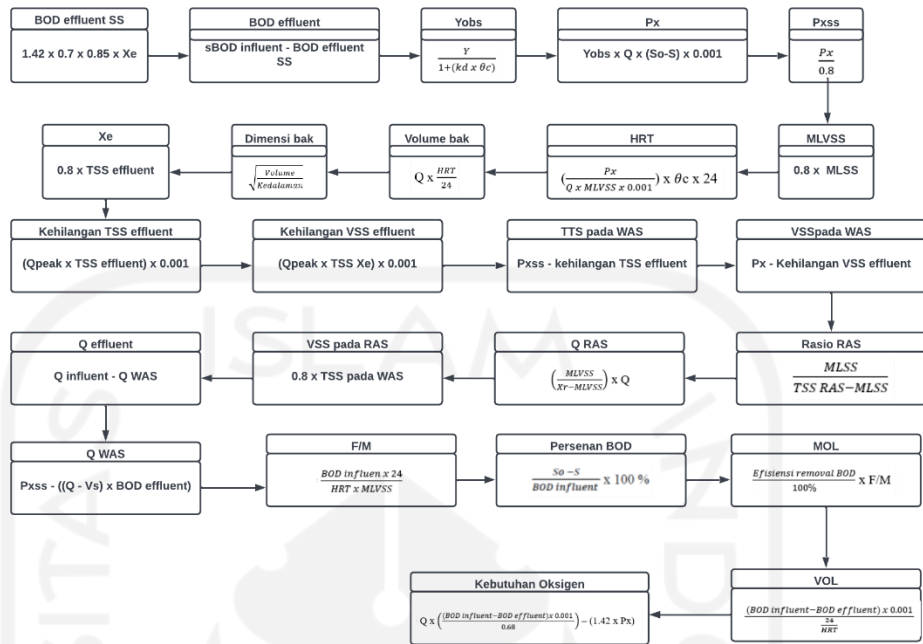
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen



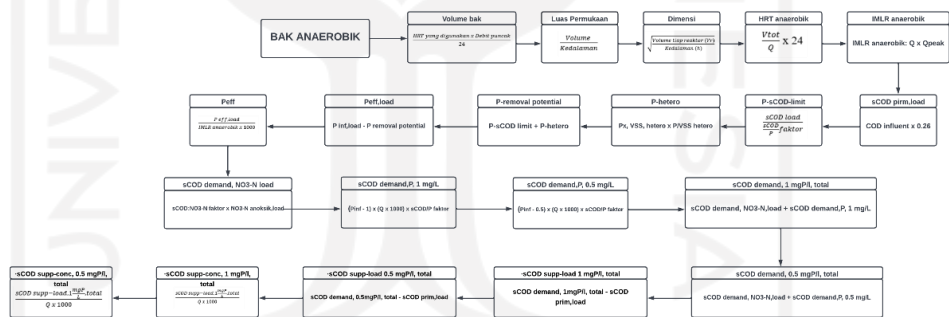
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Equalization Tank





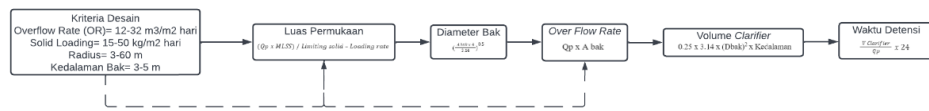


Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Activated Sludge

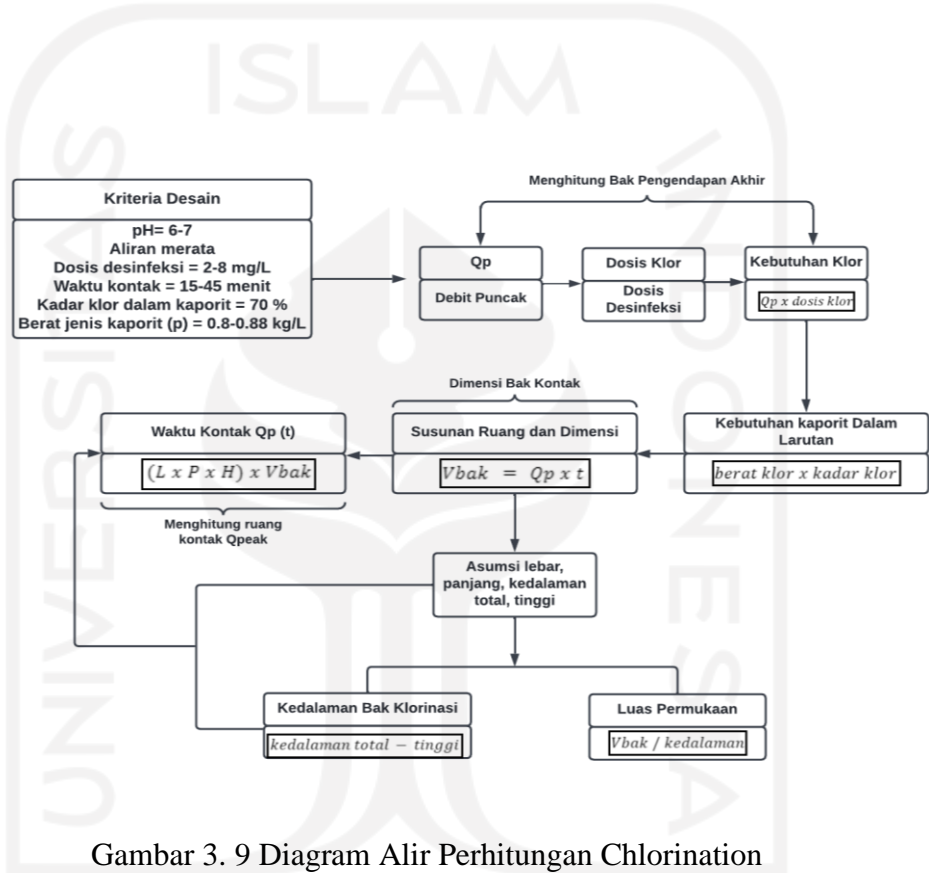


Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Anaerobic (Bardenpho)





Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier



Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Chlorination

### 3.4 Data input

Data input yang digunakan dalam melakukan simulasi model menggunakan software STOAT versi 5.0. Berikut ini merupakan data input pada software STOAT versi 5.0 **Tabel 3.1** hingga **Tabel 3.14**

Tabel 3. 1 Data Input Parameter STOAT 5.0

Parameter	Rumus	Nilai (mg/l)
<b>Total COD</b>		250
Soluble Inert COD	$0.07 * \text{Total COD}$	17.5
Particulat Inert COD	$0.15 * \text{Total COD}$	37.5
rb COD	$0.25 * \text{Total COD}$	62.5
<b>Total BOD</b>		128
Soluble BOD (sBOD)	Total BOD - Pbod	57.5
Particulat Inert BOD	$0.5 * \text{Total TSS}$	70.5
<b>Total SS</b>		141
Volatile Solid	$0.7 * \text{Total TSS}$	98.7
Non-Volatile Solid	Total TSS - VS	42.3
<b>Total Nitrogen</b>		34.81
<b>Organik Nitrogen</b>		8
Soluble Organic Nitrogen	$(0.06 * \text{TN})$ $(0.03 * \text{TN})$ +	3.13
Particulat Organik Nitrogen	ON-sON	4.87
<b>Ammoniak</b>		19.5
<b>Fosfat</b>		13

Tabel 3. 2 Data Input Influent Pada STOAT

Jenis Data Input	Data Input
Influent Pattern	Flow (m <sup>3</sup> /h), temperature (°C), pH, volatile fatty acid (mg COD/L), soluble BOD (mg/L), soluble inert COD (mg/L), particulate inert COD (mg/L), volatile solids (mg/L), non-volatile solids (mg/L), ammonia (mg/L), nitrates (mg/L), soluble org nitrogen (mg/L), particulate org nitrogen (mg/L), soluble phosphate (mg/L), dissolved oxygen (mg/L).

Tabel 3. 3 Data Input Bar Screen Pada STOAT

Jenis Data Input	Data Input
<i>Name and Dimenssions</i>	

Tabel 3. 4 Data Input Bak Equalisasi Pada STOAT

Jenis Data Input	Data Input
<i>Name and Dimension</i>	Model
<i>Balance Tank Initial</i>	(tank volume (m <sup>3</sup> ), temperature (°C), hydraulic age (h), soluble BOD (mg/L), soluble inert COD (mg/L), ammonia (mg/L), nitrates (mg/L), soluble org nitrogen (mg/L), phosphate (mg/L), dissolved oxygen (mg/L), particulate BOD (mg/L) particulate inert COD (mg/L), volatile solids (mg/L), non-volatile solids (mg/L), particulate org nitrogen (mg/L), viable heterotrophs (mg/L), viable autotrophs (mg/L)

Tabel 3. 5 Data Input Lumpur Aktif dan Bardenpho Pada STOAT

Jenis Data Input	Data Input
Name and Dimension	Process model, Volume (m <sup>3</sup> ), Number of stages, Number of MLSSS recycles, Wastage methode.
Stage Data (Flow Distribution data)	Volume distribution, Feed distribution, Return activated sludge distribution, Minimum Kla (1/h), Maximum Kla (1/h), Dissolved oxygen set point (mg/l), Stage where DO is to be measured.
MLSS recycle	stage from where MLSS recycle leaves= 3, Stage to which MLSS recycle goes= 1, MLSS recycle flowrate (m <sup>3</sup> /h)= 3000)
Initial Conditions	(soluble BOD (mg/L), ammonia (mg/L), nitrate (mg/L), soluble phosphate (mg/L), dissolved oxygen (mg/L), MLSS (mg/L), viable autotrophs (mg/L), viable heterotrophs (mg/L)

Tabel 3. 6 Data Input Secondary Clarifier Pada STOAT

Jenis Data Input	Data Input
<i>Name and Dimension</i>	Model, Number of vertical layers, Surface area (m <sup>2</sup> ), Depth of tank (m), Depth of feed (m), RAS flow.
<i>Operation Data</i>	Ras flow (m <sup>3</sup> /h), RAS ratio, Sludge wastage flow (m <sup>3</sup> /h), Wastage pump run time (h), Wastage cycle time (m).
<i>Initial Conditions</i>	soluble BOD (mg/L), ammonia (mg/L), nitrate (mg/L), soluble phosphate (mg/L), dissolved oxygen (mg/L), particulate BOD (mg/L), mixed liquor suspended solids (mg/L), viable autotrophs (mg/L), viable heterotrophs (mg/L)

Tabel 3. 7 Data Input Chlorination Tank Pada STOAT

Jenis Data Input	Data Input
<i>Name and Dimension</i>	Volume (m <sup>3</sup> )
<i>Operation</i>	change at time (h), chlorine dosage (mg/L)

Dalam melakukan *running* simulasi pada model yang menggunakan data studi literatur dan perhitungan manual. Berikut adalah data yang diinput dalam STOAT.

- a. Bar Screen

Tabel 3. 8 Data Input Bar Screen

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<i>Bar Spacing</i>	0.025	m

b. Equalization tank

Tabel 3. 9 Data Input Equalization tank

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Volume	27.8	m <sup>3</sup>
HRT	1	Jam
Soluble BOD	57.5	mg/L
Particulate BOD	70.5	mg/L
Soluble inert COD	17.5	mg/L
Particulate inert COD	37.5	mg/L
Fosfat	12	mg/L
Nitrat	7	mg/L
Soluble Organik Nitrogen	3.13	mg/L
Particulate Organik Nitrogen	4.87	mg/L

c. Bak Lumpur Aktif

Tabel 3. 10 Data Input Bak Lumpur Aktif

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Process Model	ASAL 5A	-
Volume	275.88	m <sup>3</sup>
Number of stages	1	-
MLSS recycle	0	-
Volume distribution	1	-
Feed distribution	1	-
Minimum Kla	2	-
Maximum Kla	10	-
Dissolved oxygen set point	2	mg/L
Soluble BOD	57.5	mg/L
Ammonia	19.5	mg/L
Soluble phosphate	3.96	mg/L
Dissolved oxygen	1	mg/L
MLSS	2500	mg/L
Viable autotrophs	100	mg/L
Viable heterotrophs	1000	mg/L

المعهد الإسلامي للدراسات والبحوث



d. Bardenpho

Tabel 3. 11 Data Input Bardenpho

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Process Model	SSED1	-
Surface Area	489.6	m <sup>3</sup>
Depth of tank	3	m
Depth of feed	2.5	m
Volume distribution	0.333	-
Feed distribution	1	-
Minimum Kla	2	-
Maximum Kla	10	-
Dissolved oxygen set point	2	mg/L
MLSS Recycle Flow	259.2	m <sup>3</sup> /jam
Soluble BOD	57.5	mg/L
Ammonia	19.5	mg/L
Soluble phosphate	3.96	mg/L
Dissolved oxygen	1	mg/L
MLSS	2500	mg/L
Viable autotrophs	100	mg/L
Viable heterotrophs	1000	mg/L

e. Secondary clarifier

Tabel 3. 12 Data Input Secondary Clarifier

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<i>Process Model</i>	SSED1	-
<i>Volume</i>	61.12	m <sup>3</sup>
<i>Number of stages</i>	3	-
<i>MLSS recycle</i>	2	-
<i>Soluble BOD</i>	57.5	mg/L
<i>Ammonia</i>	19.5	mg/L
<i>Soluble phosphate</i>	3.96	mg/L
<i>Dissolved oxygen</i>	1	mg/L
<i>MLSS</i>	2500	mg/L
<i>Viable autotrophs</i>	100	mg/L
<i>Viable heterotrophs</i>	1000	mg/L

Tabel 3. 13 Data Input Lumpur Aktif

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<i>RAS Flow</i>	28.30	m <sup>3</sup> /jam
<i>RAS ratio</i>	1	-
<i>Sludge wastage flow</i>	1.56	m <sup>3</sup> /jam
<i>Wastage pump run time</i>	24	Jam
<i>Wastage cycle time</i>	24	Jam
<i>MLSS set-point</i>	1	-

Tabel 3. 14 Data Input Secondary Bardenpho

Data Input	Nilai	Satuan
<i>RAS Flow</i>	87.84	m <sup>3</sup> /jam
<i>RAS ratio</i>	1	-
<i>Sludge wastage flow</i>	1.58	m <sup>3</sup> /jam
<i>Wastage pump run time</i>	24	Jam
<i>Wastage cycle time</i>	24	Jam
<i>MLSS set-point</i>	1	-

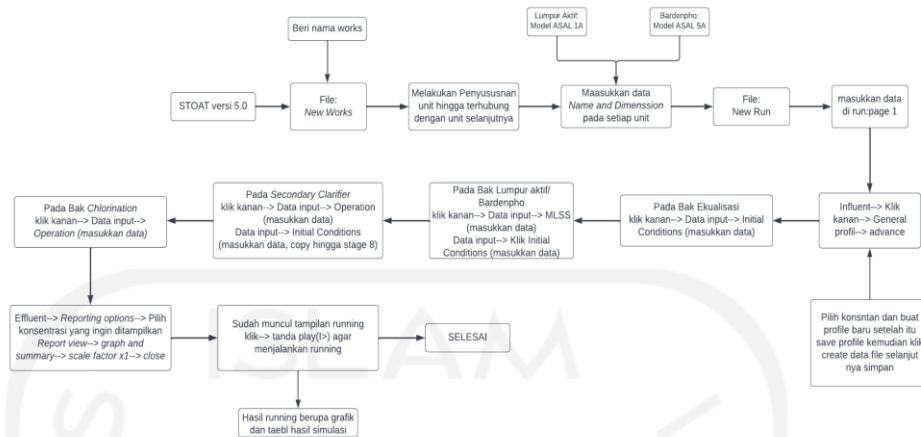
f. Klorinasi

Tabel 3. 15 Data Input Klorinasi

Data Input	Nilai	Satuan
Volume	42.4	m <sup>3</sup>
Chlorine dosage	2	mg/L

### 3.5 Software STOAT

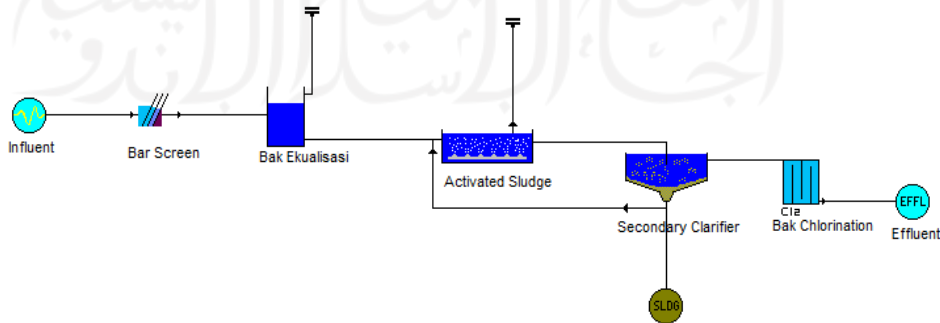
Prosedur pengerjaan *software* STOAT versi 5.0 dalam penyusunan model IPAL X. Berikut ini pada **Gambar 3.10** yang merupakan prosedur dalam penyusunan model pada *software* STOAT.



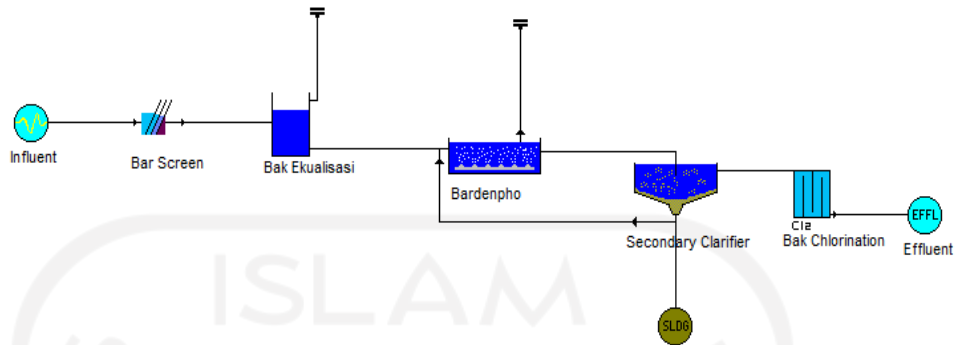
Gambar 3. 10 Diagram Alir Pengerjaan STOAT

### 3.6 Perbandingan skenario

Perbandingan skenario ini berdasarkan hasil yang didapat dari STOAT yang akan dibuat berupa tabel perbandingan beban pengelolaan dan efisiensi removal pada konsentrasi air limbah terutama konsentrasi nutrien (nitrogen dan fosfor) dengan teknologi lumpur aktif (*activated sludge*) pengolahan air limbah antara kondisi eksisting IPAL dengan proses lumpur aktif nutrien dan fosfor yang sekarang dengan yang akan direncanakan dengan proses bardenpho. **Gambar 3.11** merepresentasikan skenario 1 IPAL X eksisting teknologi Lumpur Aktif, dan **Gambar 3.12** skenario 2 IPAL X modifikasi lumpur aktif dengan proses bardenpho.



Gambar 3. 11 Skenario 1 Eksisting IPAL X Kelurahan X Teknologi Lumpur Aktif (*activated sludge*)



Gambar 3. 12 Skenario 2 IPAL X Kelurahan X Modifikasi lumpur aktif dengan Proses Bardenpho

### 3.7 Analisis Strength, Weakness, Opportunities, Threats (SWOT)

Hasil simulasi penyisihan kadar nutrisi (nitrogen dan fosfor) dianalisis menggunakan analisis SWOT. Metode SWOT pertama kali digunakan dalam penelitian Stanford University pada tahun 1960-1970 dalam menganalisis perusahaan. Menurut Kristanto et al. (2016) analisis swot merupakan identifikasi dari beberapa faktor untuk mengedepankan strategi perusahaan. Analisis ini didasarkan pada logika sehingga dapat memaksimalkan *Strength* (kekuatan) *Opportunities* (peluang), tetapi pada saat bersamaan juga dapat meminimalkan *Weakness* (kelemahan) dan *Threats* (ancaman). Bila menganalisis SWOT diterapkan akan menyebabkan dampak strategi hasil yang baik. Berikut adalah tabel matriks analisis SWOT.

Analisis SWOT yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Kuantitatif. Pada metode ini menggunakan pembobotan dan skoring dengan menggunakan nilai. Pada pembobotan memiliki nilai skala:

1. = Sangat tidak berpengaruh
2. = Cukup berpengaruh

3. = Berpengaruh
4. = Sangat berpengaruh

Sementara pada skoring memiliki skala sebagai berikut:

1. = Sangat kecil
2. = Sedang
3. = Besar
4. = Sangat besar

Berdasarkan metode matriks SWOT yang digunakan dalam penelitian ini memiliki 4 tipe strategi yaitu (*Strengths - Opportunities*) SO, (*Weakness - Opportunities*) WO, (*Strengths - Threats*) ST, (*Weakness - Threats*) WT. Dapat dilihat pada **Tabel 3.15** yang merupakan matriks analisis SWOT.

Tabel 3. 16 Matriks Analisis SWOT

Faktor Eksternal/ Faktor Internal	Peluang (O)	Ancaman (T)
Kekuatan (S)	(SO) mengoptimalkan kekuatan dan memanfaatkan peluang	(ST) menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman
Kelemahan (W)	(WO) mengurangi kelemahan dan memanfaatkan peluang	(WT) mengurangi kelemahan untuk mengatasi ancaman

Sumber: Rangkuti (1997)

## BAB IV

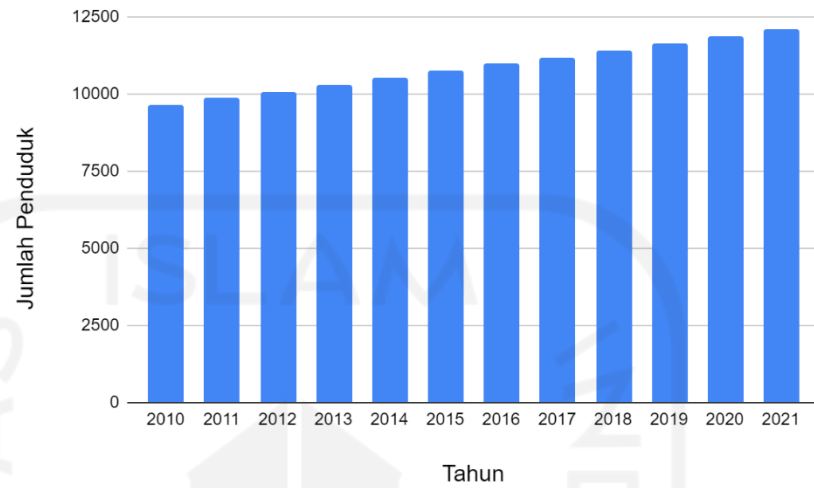
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Proyeksi penduduk

Pada penelitian ini dilakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) X yang terletak di Kelurahan X, menggunakan 2 skenario yang berupa teknologi *Activated Sludge* dan teknologi *Bardenpho*. Pada 2 skenario ini akan dilakukan perbandingan operasional teknologi IPAL dalam upaya penyisihan nutrient (nitrogen dan fosfor) menggunakan pemodelan dengan *software* STOAT versi 5.0. Periode perencanaan dirancang dalam masa 10 tahun perencanaan, agar dapat melayani Kelurahan X, sehingga perencanaan dihitung dari tahun 2022 sampai tahun 2032.

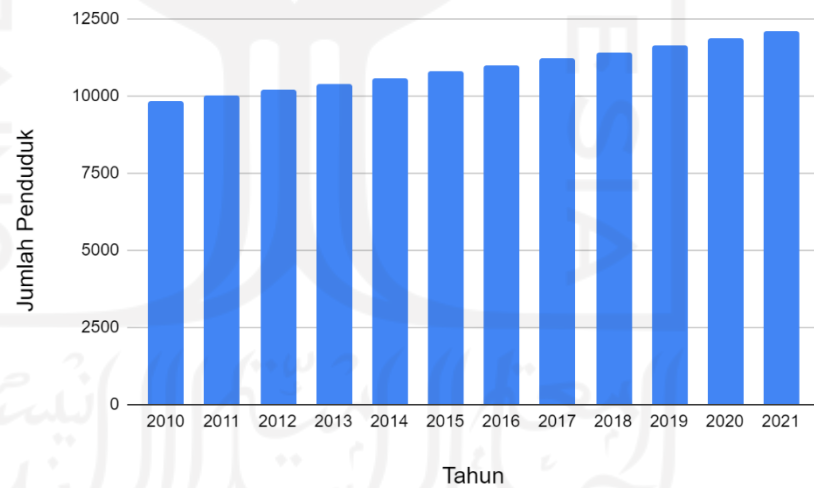
Pada upaya pengolahan air limbah yang dihasilkan oleh penduduk maka dilakukan perencanaan IPAL X yang berguna untuk mengolah limbah di IPAL X. Maka dari itu dilakukan perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan 3 metode yaitu aritmatik, geometrik, dan *least square* yang dapat pada **Gambar 4.1** hingga **Gambar 4.3**.

#### 4.1.1 Aritmatika



Gambar 4. 1 Metode Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika

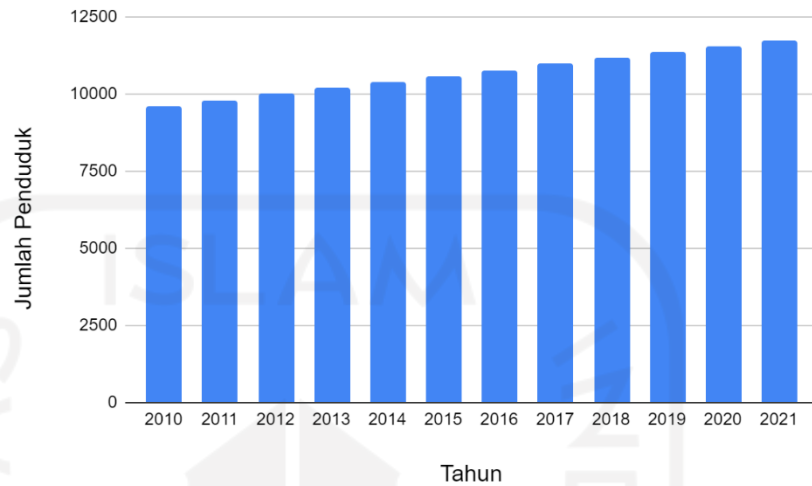
#### 4.1.2 Geometri



Gambar 4. 2 Metode Proyeksi Penduduk Metode Geometrik



#### 4.1.3 *Least Square*



Gambar 4. 3 Metode Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Berdasarkan perbandingan proyeksi penduduk dengan metode aritmatik, metode geometri, metode *least square* standar deviasi terkecil yaitu metode *Least Square*. Berikut adalah tabel proyeksi penduduk dengan menggunakan metode *least square* selama 10 tahun kedepan.

Tabel 4. 1 Proyeksi Penduduk 10 Tahun Kedepan dengan 3 Metode

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Metode		
			Aritmatik	Geometri	Least Square
1	2010	9645	9645	9828	9614
2	2011	9839	9867	10015	9809
3	2012	10028	10090	10206	10004
4	2013	10216	10312	10400	10198
5	2014	10399	10535	10598	10393
6	2015	10578	10757	10799	10588
7	2016	10755	10980	11005	10783
8	2017	10926	11202	11214	10977
9	2018	11091	11425	11427	11172
10	2019	11251	11647	11645	11367
11	2020	11404	11870	11866	11562
12	2021	12092	12092	12092	11756
<b>Jumlah</b>		<b>128224</b>	<b>106460</b>	<b>107138</b>	<b>104906</b>
<b>Standar Deviasi</b>			<b>767.92</b>	<b>710.27</b>	<b>672.26</b>

## 4.2 Debit Air Limbah

Penentuan debit air limbah dapat dilakukan berdasarkan proyeksi penduduk, area pelayanan, dan penggunaan air. Berdasarkan ketentuan perhitungan debit air limbah yang terdapat pada Buku A Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) yang dihasilkan limbah pada tiap jiwa berkisar 60-80% dari penggunaan air bersih setiap hari. Maka dari itu didapatkan debit puncak air limbah pada proyeksi tahun 2032 sebesar 23.579 L/detik

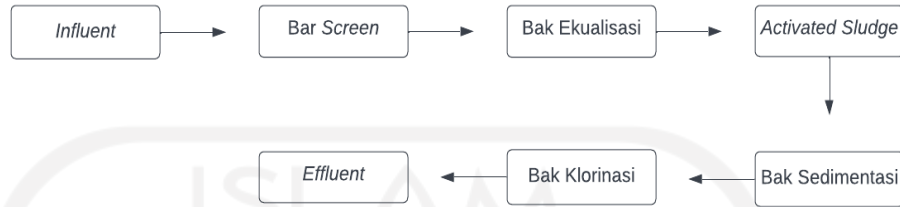
Tabel 4. 2 Proyeksi Debit IPAL X

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Persentase Pelayanan	Debit rata-rata (Qr)		Debit puncak (Qpeak)	
				L/detik	m3/detik	L/detik	m3/detik
		Jiwa	%	L/detik	m3/detik	L/detik	m3/detik
1	2021	12092	70%	4.702	0.005	15.808	0.016
2	2022	11951	70%	4.648	0.005	15.660	0.016
3	2023	12146	70%	4.723	0.005	15.865	0.016
4	2024	12341	80%	5.485	0.005	17.896	0.018
5	2025	12535	80%	5.571	0.006	18.123	0.018
6	2026	12730	80%	5.658	0.006	18.350	0.018
7	2027	12925	90%	6.462	0.006	20.427	0.020
8	2028	13120	90%	6.560	0.007	20.674	0.021
9	2029	13314	90%	6.657	0.007	20.921	0.021
10	2030	13509	100%	7.505	0.008	23.045	0.023
11	2031	13704	100%	7.613	0.008	23.313	0.023
12	2032	13899	100%	7.721	0.008	23.579	0.024

## 4.3 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

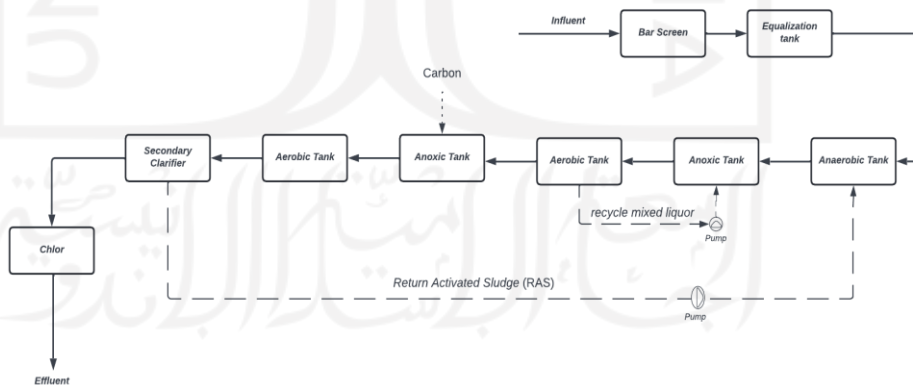
Perencanaan IPAL X menggunakan 2 skenario yang berbeda, yang dimana ke-2 teknologi tersebut memiliki kemampuan yang sama dalam menyisihkan kandungan nutrisi (nitrogen dan fosfor) dalam air limbah.

Perencanaan IPAL X ini berlokasi di Kelurahan X menggunakan acuan Penyusunan Master Plan Pengelolaan Air Limbah (PMPPAL) Kota X dalam menentukan teknologi pengolahan air limbah yang digunakan.



Gambar 4. 4 Diagram IPAL X Skenario 1

Sedangkan skenario 2 yang direncanakan pada IPAL X Kelurahan X menggunakan teknologi Bardenpho, teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan penyisihan kadar nitrogen dalam air limbah. Teknologi Bardenpho merupakan jenis pengolahan modifikasi biologis *Activated sludge* tanpa penambahan kimia yang dikembangkan menggunakan metode Anaerobik-Anoxic-Aerobic-Anoxic-Aerobic. Berikut adalah layout IPAL yang akan direncanakan menggunakan model dengan *software* STOAT versi 5.0.



Gambar 4. 5 Diagram IPAL X Skenario 2

#### 4.3.1 Karakteristik Air dan Beban Pengolahan

Data karakteristik air limbah yang dilakukan pada perencanaan ini berdasarkan studi literatur seperti penelitian terdahulu dari berbagai negara terutama negara Asia Tenggara. Penggunaan data karakteristik air limbah dari beberapa referensi di Asia Tenggara dilakukan karena tidak adanya perbandingan yang signifikan terhadap iklim di Indonesia, sehingga dapat memberikan referensi terhadap karakteristik air limbah khususnya karakteristik nitrogen dan fosfor. Pada perencanaan IPAL X di Kelurahan X tahun 2032 merupakan tahun perencanaan dalam meningkatkan baku mutu kualitas air limbah yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Berikut merupakan data kualitas air limbah yang digunakan dalam perencanaan pengolahan Bardenpho.

Tabel 4. 3 Karakteristik Air Limbah

Parameter	Karakteristik (mg/L)		Baku Mutu
	Influent	EB	mg/l
BOD <sup>1</sup>	128	28.06	30
COD <sup>2</sup>	250	28.06	30
TSS <sup>3</sup>	141	24.56	100
Amoniak-NH <sub>3</sub> <sup>4</sup>	19.5	16.51	10
Nitrat <sup>5</sup>	7	7.7	-
Total Nitrogen <sup>6</sup>	34.81	24.2	-
Fosfat <sup>7</sup>	13	3.62	-
Total Fosfor <sup>8</sup>	12	3.62	-

Sumber:

1. Pitoyo, E., Hendriarianti, E., Karnaningroem, N., Lingkungan, T., Teknik, F., & Teknologi, I. (2017).
2. Dieu, T. T. M., Mai, H. N. P., & K., S. T. (2016).

3. Alexander Tunggul Sutanhaji, Bambang Suharto, Ahmad Raihan Darmawan (2021)

4. Goldyna Rarasari, M, D., Restu Wayan, I., Ernawati, M, N. (2019)

5. Lumunon, E., Riogilang, H., & Supit, C. (2021).

6. Ali Hussein Sabeen, et al (2018)

7. Dieu, T. T. M., Mai, H. N. P., & K., S. T. (2016).

8. Lumunon, E., Riogilang, H., & Supit, C. (2021).

9. Ali Hussein Sabeen, *et al* (2018)

Berdasarkan karakteristik air limbah pada IPAL X dapat menentukan beban pengolahan proses lumpur aktif dan proses bardenpho yang digunakan dalam perencanaan IPAL X berdasarkan karakteristik air limbah yang didapatkan. Berikut adalah tabel beban pengolahan pada perencanaan ini.

Tabel 4. 4 Beban Pengolahan Air Limbah

Parameter	Konsentrasi (mg/l) Influent	Konsentrasi Effluent (mg/l)	Beban Pengolahan Aktual	
			mg/hari	kg/hari
BOD	128	28.34	57735.948	57.736
COD	250	28.34	57735.948	57.736
TSS	141	45.99	93693.587	93.694
Ammoniak	19.5	17.44	35529.814	35.530
Nitrat	7	6.77	13792.250	13.792
Fosfor	13	3.62	7374.881	7.375
Total Fosfor	12	3.62	7374.881	7.375

Penyelesaian:

$$BPA = Q \times Cba$$

Dimana:

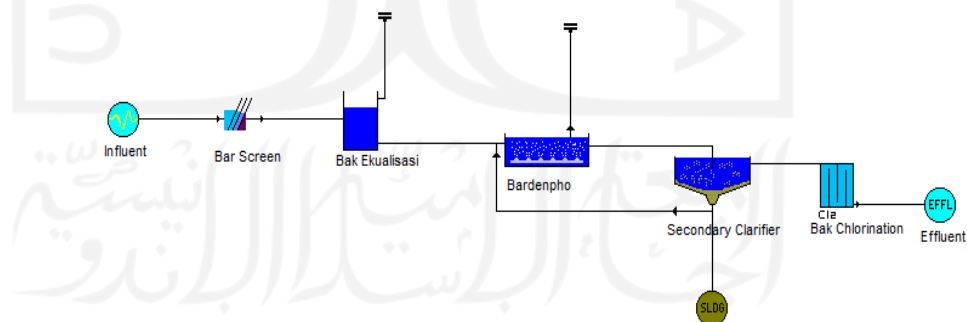
BPA = Beban Pengolahan Aktual (kg/hari)

$Q$  = Debit Terukur ( $m^3/detik$ )

$CBA$  = Konsentrasi Terukur ( $mg/L$ )

#### 4.3.2 Prosedur Simulasi Penyisihan Nutrien (Nitrogen dan Fosfor)

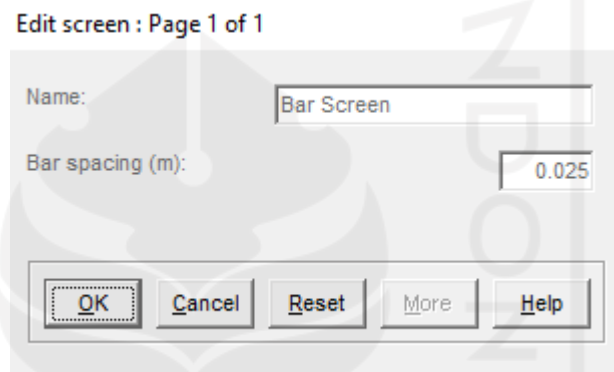
Pada perencanaan IPAL X dilakukan perbandingan antara skenario 1 metode *activated sludge* dengan skenario 2 metode bardenpho yang telah dimodifikasi dari *activated sludge* yang dimana metode tersebut sama-sama memiliki fungsi *Biological Nutrient Removal* (BNR). Penggunaan *software* yang dapat memudahkan dalam mensimulasI model sehingga dapat menyisihkan kadar nutrien dalam teknologi menggunakan *software* STOAT versi 5.0. *Software* STOAT diharapkan dapat mengoptimalkan penyisihan beban tercemar dalam karakteristik khususnya karakteristik nutrien (nitrogen dan fosfor). Dalam prosedur penggunaan STOAT terdiri dari beberapa tahapan dalam memodelkan teknologi, seperti membuat model yang terdiri atas unit-unit yang digunakan seperti *bar screen*, bak ekualisasi, *activated sludge*, *secondary clarifier*, dan bak klorinasi yang saling berhubungan.



Gambar 4. 6 Skenario 2 Layout IPAL X Bardenpho

Selanjutnya setelah menyusun unit-unit klik unit dan klik kanan lalu pilih input data, lalu pilih *name and dimension* lakukan hal tersebut pada setiap masing-masing bak seperti bar screen, bak

ekualisasi, lumpur aktif, *secondary clarifier*, *chlorine*. Pada perencanaan ini dilakukan simulasi 2 model yaitu *activated sludge* (skenario 1) pada *existing* IPAL X dan *bardenpho* (skenario 2) modifikasi *activated sludge*. *Name and dimensions* pada metode *activated sludge* skenario 1 menggunakan *process model* ASAL 1 A, sementara metode *bardenpho* 5A yang memiliki jumlah stage 5 zona dengan jumlah *MLSS recycle* 1 kali. Selanjutnya klik file lalu pilih *safe work*. Berikut adalah gambar *Name and dimensions* pada setiap bak dan perbandingan skenario 1 dan skenario 2.

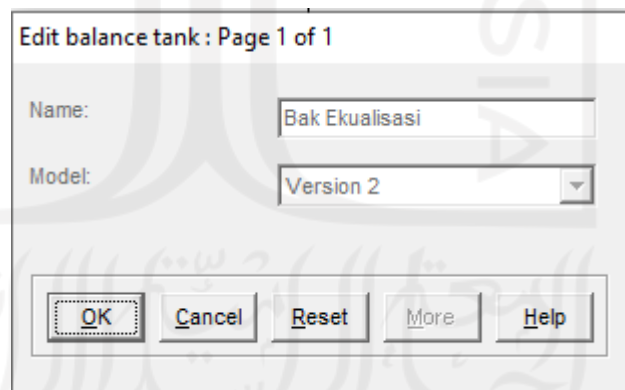


Edit screen : Page 1 of 1

Name:

Bar spacing (m):

Gambar 4. 7 Name and Dimensions Bar Screen



Edit balance tank : Page 1 of 1

Name:

Model:

Gambar 4. 8 Name and Dimensions Bak Ekualisasi



Name: Activated Sludge  
Process model: ASAL1A  
Volume (m³): 275.88  
Number of stages: 1  
Number of MLSS recycles: 0  
Wastage method:  
 None  
 Continuous rate  
 Variable rate  
 Variable time  
Stage from which MLSS is wasted: 1  
Stage in which MLSS is measured: 1  
OK Cancel Reset More Help

ASAL 1A merupakan model sederhana untuk pemodelan *activated sludge* yang memenuhi properti NW-WWTP yang hanya dapat menyisihkan nitrogen

*Activated sludge* hanya memiliki 1 stage, dan tidak mengalami MLSS recycle.

Gambar 4. 9 Name and Dimensions Activated Sludge (Skenario 1)

Name: Bardenpho  
Process model: ASAL5A  
Volume (m³): 275.88  
Number of stages: 5  
Number of MLSS recycles: 1  
Wastage method:  
 None  
 Continuous rate  
 Variable rate  
 Variable time  
Stage from which MLSS is wasted: 1  
Stage in which MLSS is measured: 1  
OK Cancel Reset More Help

ASAL 5A merupakan pemodelan *activated sludge* yang dapat menyisihkan kadar nitrogen dan fosfor (nutrien)

Bardenpho memiliki 5 stage, yang terdiri *anaerobic-anoxic-aerobic-anoxic-aerobic* dan mengalami MLSS recycle dari stage 3 ke 1

Gambar 4. 10 Name and Dimensions Bardenpho Modifikasi Activated Sludge (Skenario 1)

Edit secondary sedimentation tank : Page 1 of 2

Name: Secondary Clarifier

Model: SSED1

Number of vertical layers: 8

Surface area (m<sup>2</sup>): 41.7

Depth of tank (m): 7

Depth of feed (m): 3

RAS flow:

Rate

Ratio

OK Cancel Reset More Help

Gambar 4. 11 Name and Dimensions Secondary Clarifier

Edit Chlorination tank : Page 1 of 1

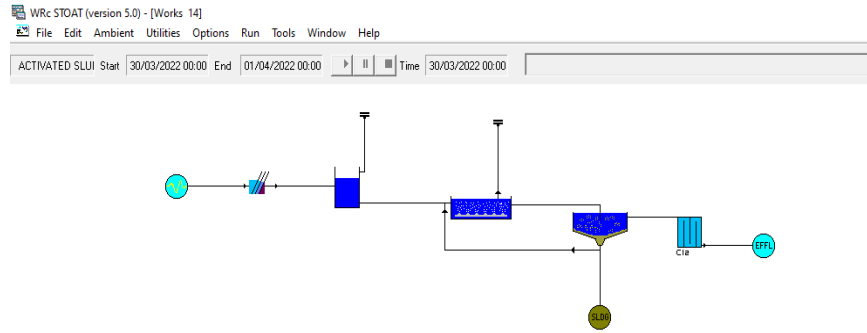
Name: Bak Chlorination

Volume (m<sup>3</sup>): 42.44

OK Cancel Reset More Help

Gambar 4. 12 Name and Dimensions Chlorine

Selanjutnya untuk memulai run, klik file kembali dan pilih new run, setelah muncul new run: page 1 berilah nama pada run tersebut kemudian di *initial conditions pilih default*, setelah itu klik ok, kemudian isi data di new run (data menyesuaikan), berikut adalah tampilan STOAT setelah di *run*.



Gambar 4. 13 Tampilan STOAT Saat Run

Selanjut nya pada prosedur penggunaan pada masing-masing bak sebagai berikut:

#### 1. Influent

Pada bak influent klik kanan kemudian pilih general profile, selanjutnya itu pilih advance setelah muncul new profile, klik konstan dan buat profile baru, setelah itu pada profile baru klik edit formulae, selanjut isi data seperti (*flow, temperature, pH, volatile fatty acid, soluble BOD, soluble inert COD, particulate inert COD, volatile solids, non-volatile solids, ammonia, nitrates, soluble org nitrogen, particulate org nitrogen, soluble phosphate, dissolved oxygen*), selanjutnya klik save, kemudian klik create data file dan isi time data nya kemudian klik ok setelah itu muncul file untuk penyimpanan influent profil, kemudian pilih profile yang digunakan pada influent, setelah itu close.

Influent profile [D:\TA\cas.inf]

	Elapsed time (h)	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/L)	Soluble BOD (mg/L)	Soluble inert COD (mg/L)	Particulate BOD (mg/L)	Particulate inert COD (mg/L)	Volatile solids (mg/L)	Non-volatile solids (mg/L)
1	0.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
2	1.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
3	2.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
4	3.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
5	4.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
6	5.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
7	6.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
8	7.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
9	8.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
10	9.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
11	10.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
12	11.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
13	12.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
14	13.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
15	14.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
16	15.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
17	16.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
18	17.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
19	18.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
20	19.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
21	20.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
22	21.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
23	22.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
24	23.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
25	24.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000
26	25.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	96.700000	42.300000

Gambar 4. 14 Influent Profile STOAT

2. Bar Screen

Pada bar screen klik kanan, dan pilih input data kemudian isi data *bar spacing* (m), kemudian ok. Gambar 4.7

3. Bak Ekualisasi

Pada bak ekualisasi klik input data dan klik initial conditions, setelah itu isi data pada bak ekualisasi seperti pada Tabel 3. kemudian klik ok.

Balance tank initial data : Page 1 of 3		Balance tank initial data : Page 2 of 3	
Tank volume (m³):	<input type="text" value="0"/>	Phosphate (mg/l):	<input type="text" value="13"/>
Temperature (°C):	<input type="text" value="20"/>	Dissolved oxygen (mg/l):	<input type="text" value="1"/>
Hydraulic age (h):	<input type="text" value="3"/>	Particulate BOD (mg/l):	<input type="text" value="70.5"/>
BOD of volatile fatty acids (mg/l):	<input type="text" value="0"/>	Particulate inert COD (mg/l):	<input type="text" value="37.5"/>
Soluble BOD (mg/l):	<input type="text" value="57.5"/>	Volatile solids (mg/l):	<input type="text" value="98.7"/>
Soluble inert COD (mg/l):	<input type="text" value="17.5"/>	Non-volatile solids (mg/l):	<input type="text" value="42.3"/>
Ammonia (mg/l):	<input type="text" value="19.5"/>	Particulate organic N (mg/l):	<input type="text" value="3.12"/>
Nitrate (mg/l):	<input type="text" value="7"/>	Viable heterotrophs (mg/l):	<input type="text" value="1"/>
Soluble organic nitrogen (mg/l):	<input type="text" value="3.13"/>	Non-viable heterotrophs (mg/l):	<input type="text" value="0"/>
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="More"/> <input type="button" value="Help"/>		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="More"/> <input type="button" value="Help"/>	

Gambar 4. 15 Initial Data Bak Ekualisasi

#### 4. Activated Sludge / Bardenpho

Pada bak bardenpho klik MLSS recycle data isi sesuai dengan jumlah stage contoh nya: *stage from where MLSS recycle leaves= 3, Stage to which MLSS recycle goes= 1, MLSS recycle flowrate (m³/h)= 3000*) lalu klik ok, kemudian klik initial data setelah itu masukan data seperti (*soluble BOD (mg/L), ammonia (mg/L), nitrate (mg/L), soluble phosphate (mg/L), dissolved oxygen (mg/L), MLSS (mg/L), viable autotrophs (mg/L), viable heterotrophs (mg/L)*)\*data menyesuaikan,kemudian *copy* ke *stage 1,2,3,4,5* untuk teknologi bardenpho lalu klik ok.

MLSS recycle data

		Recycle 1
1	Stage from where MLSS recycle leaves:	3
2	Stage to which MLSS recycle goes:	1
3	MLSS recycle flowrate (m <sup>3</sup> /h):	3000.000

OK Cancel Reset Help

Gambar 4. 16 MLSS Recycle Bardenpho

Initial data

	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5
1 Soluble BOD (mg/l):	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50
2 Ammonia (mg/l):	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
3 Nitrate (mg/l):	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
4 Soluble phosphate (mg/l):	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96
5 Dissolved oxygen (mg/l):	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6 MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
7 Viable autotrophs (mg/l):	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
8 Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9 Viable heterotrophs (mg/l):	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10 Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11 Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12 Biomass P (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Gambar 4. 17 Initial Data Bardenpho

## 5. Secondary clarifier

Pada bak *Secondary clarifier* klik kanan dan pilih input data, kemudian pilih operation dan masukan data seperti RAS flow (m<sup>3</sup>/h), sludge wasted flow (m<sup>3</sup>/h), wastage pump run time (h), wastage cycle time (h)\*data menyesuaikan, kemudian klik ok, selanjutnya klik input data dan pilih *initial conditions* lalu masukan data seperti *soluble BOD* (mg/L), *ammonia* (mg/L), *nitrate* (mg/L), *soluble phosphate* (mg/L), *dissolved oxygen* (mg/L), *particulate BOD* (mg/L), *mixed liquor suspended solids* (mg/L), *viable autotrophs* (mg/L), *viable heterotrophs*

(mg/L)\*data menyesuaikan, kemudian copy ke stage 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, lalu klik ok.

Operation data		
		Initial
1	Change at time (h):	0.00
2	RAS flow (m <sup>3</sup> /h):	8.64
3	RAS ratio:	1.00
4	Sludge wastage flow (m <sup>3</sup> /h):	5.00
5	Wastage pump run time (h):	12.00
6	Wastage cycle time (h):	12.00
7	MLSS set-point (mg/l):	0.00

Gambar 4. 18 Operation Secondary Clarifier

Initial data									
	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8	
1	3.25	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50	57.50
2	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
3	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
4	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50	70.50
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Gambar 4. 19 Initial Data Secondary Clarifier

## 6. Bak Chlorination

Pada Bak *Chlorination* klik input data, kemudian klik operation lalu isi data seperti *change at time (h)*, *chlorine dosage (mg/L)* lalu klik ok.

Operation data		
		Initial
1	Change at time (h):	0.42
2	Chlorine dosage (mg/l):	2.00
◀		

Gambar 4. 20 Operation Chlorine

#### 4.3.4 Perhitungan Preliminary Treatment

##### A. Bar Screen

Pada perencanaan IPAL X **Tabel 4.6** merupakan unit *bar screen* sumber yang digunakan dalam kriteria desain perencanaan adalah Tchobanoglous (2003).

Tabel 4. 5 Kriteria Desain Bar Screen

Parameter	Besar Nilai Kriteria	Hasil
Kecepatan maksimum aliran melalui bar (m/s)	0,3 - 0,6	0.6
Ukuran bar		
Lebar (mm)	4 - 8	4
Tinggi (mm)	25 - 50	25
Spasi antar bar (mm)	25 - 75	25
Kemiringan dari garis horizontal (°)	45 - 60	45
Headloss diizinkan, <i>clogged screen</i> (mm)	150	150
Headloss maksimum, <i>clogged screen</i> (mm)	800	800

Sumber: Tchobanoglous (2003)

Berdasarkan perhitungan manual yang dilakukan pada unit *Bar Screen* didapatkan dimensi bak sebesar 0.034 m dengan lebar 4 mm dan tinggi 25 mm dengan kecepatan aliran melalui bar 0.6 m/s dengan headloss yang diizinkan 150 mm dan headloss maksimum sebesar 800 mm



## B. Equalization Tank

Pada perencanaan bak ekualisasi berfungsi sebagai meminimalkan dan mengendalikan fluktuasi aliran limbah serta dapat menghomogenkan limbah. Sumber limbah yang berada bak ekualisasi ini berasal dari unit sebelumnya yaitu *bar screen*. Pada **Tabel 4.7** merupakan kriteria desain yang digunakan dalam perhitungan manual.

Tabel 4. 6 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Hasil
Kedalaman air minimum	hmin	1.5-2	m	1.5
Ambang batas	hfb	1	m	1
Laju Pemompaan udara	Q udara	0.01-0.015	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .menit	0.015
Kemiringan dasar tangki	S	40-100	mm/m diameter	80
waktu detensi	t	0.5-2	jam	2

Sumber: Metcalf & Eddy dalam Priyanka 2012 Buku B Cipta Karya

Berdasarkan perhitungan manual yang dilakukan pada unit *Equalization Tank* didapatkan kedalaman bak minimum 1.5 m ambang batas 1 m dan waktu detensi pada *equalization tank* selama 2 jam dengan debit udara sebesar 0.015 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.menit.

### 4.3.5 Perhitungan Secondary Treatment

#### 1 Lumpur Aktif (Activated Sludge)

Bak lumpur aktif berfungsi untuk menurunkan kadar BOD, COD dan Nutrien. Pada bak ini untuk melarutkan oksigen dan meningkatkan kadar oksigen dalam air hingga mikroorganisme lebih aktif. Pada **Tabel 4.8** merupakan kriteria desain yang digunakan dalam perhitungan manual.

Tabel 4. 7 Kriteria Desain Lumpur Aktif

Parameter	Besar Nilai Kriteria	Hasil
Umur sel (hari)	5 - 15	10
MLSS (mg/l)	2500 - 4000	3000
Koefisien Decay (/hari)	0,025 - 0,075	0.05
Koefisien pertumbuhan (kg VSS/mg BOD <sub>5</sub> )	0,4 - 0,8	0.5

Sumber: Metcalf & Eddy (1991)

Berdasarkan perhitungan manual yang dilakukan pada unit *Activated Sludge* didapatkan MLSS 3000 mg/l dengan koefisien pertumbuhan sebesar 0.5 kg/VSS/mg BOD<sub>5</sub> dan luas permukaan *Activated Sludge* sebesar 113.18 m<sup>2</sup>.

## 2 Bardenpho (Anaerobic-Anoxic-Aerobic-Anoxic-Aerobic)

Pada proses bardenpho ini merupakan modifikasi dari teknologi lumpur aktif. Proses bardenpho berfungsi untuk meningkatkannya meminimalisir kadar nutrisi (nitrogen dan fosfor) dalam IPAL X, sehingga dibutuhkan kriteria desain untuk merancang proses ini yang terdapat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4. 8 Kriteria Desain Bardenpho

Kriteria Desain	SRT	F/M	HRT				MLSS	Recycle rasio		Eff	
			AN1	0.4-1.5	AX2	2-4		Rir	2.4	TN	<6
Qasim 2017	10-20	0.1-0.2	AX1	1-3	OX2	0.5-1	2000-4000	Rrs	0.5-1	TP	<2
			OX1	4-12	Total	8-20					
Brdenpho	11	0.2	AN1	2	AX2	3	2500	Rir	2	TN	24.2
			AX1	2	OX2	3		Rrs	1	TP	3.62
			OX1	4	Total	14					

Berdasarkan perhitungan manual yang dilakukan pada unit Bardenpho pada HRT AN1 2 jam dengan volume bak 172.8 m<sup>3</sup>, AX1 2 jam dengan volume bak 172.8 m<sup>3</sup>, OX1 4 jam dengan volume bak 345.6 m<sup>3</sup>, AX2 3 jam dengan volume bak 259.2 m<sup>3</sup>, OX2 3 jam dengan volume bak 259.2 m<sup>3</sup> dengan keseluruhan total HRT 14 jam yang berarti telah memenuhi dalam kriteria desain Qasim 20

#### 4.3.6 Tertiary Treatment

##### A. Secondary Clarifier

Bak *secondary clarifier* merupakan bak pengendap lumpur biologi yang berasal dari lumpur aktif. Pada **Tabel 4.10** merupakan kriteria desain yang digunakan dalam perhitungan manual.

Tabel 4. 9 Kriteria Desain Secondary Clarifier

Parameter	Besar Nilai Kriteria	Sumber
Overflow Rate (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari)	12 - 32	16
Solid Loading (kg/m <sup>2</sup> .hari)	15 - 50	48
Radius (m)	3 - 60	
Kedalaman Bak (m)	3,5 - 5,0	2

Sumber: Metcalf & Eddy (1991), Qasim (1985)

Berdasarkan perhitungan manual yang dilakukan pada unit *Secondary Clarifier* didapatkan kedalaman bak 2 m dengan over flow rate 16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari dan solid loading 38 kg/m<sup>2</sup>.hari.

##### B. Chlorination

Bak *chlorination* berfungsi sebagai penyisihan mikroorganisme patogen dengan cara mengontakkan dengan klor. Pada **Tabel 4.11** merupakan kriteria desain yang digunakan dalam perhitungan manual.

Tabel 4. 10 Kriteria Desain Chlorination

Parameter	Besar Nilai Kriteria	Hasil
pH optimum	6 - 7	6-7
Aliran Merata		
Dosis desinfeksi (mg/L)	2 - 8	2
Waktu kontak (menit)	15 - 45	25
Kadar klor dalam kaporit	70%	70%
Berat jenis kaporit ( $\rho$ ) (kg/L)	0.8 - 0.88	0.8

Sumber: Priyanka (2012)

Berdasarkan perhitungan manual yang dilakukan pada unit *Chlorination* didapatkan waktu kontak selama 25 menit dengan dosis

desinfeksi 2 mg/l, dan kadar klor dalam kaporit sebesar 70% dengan berat jenis kaporit 0.88 kg/l.



#### 4.4 Hasil Skenario 1 Lumpur aktif dan Skenario 2 Bardenpho

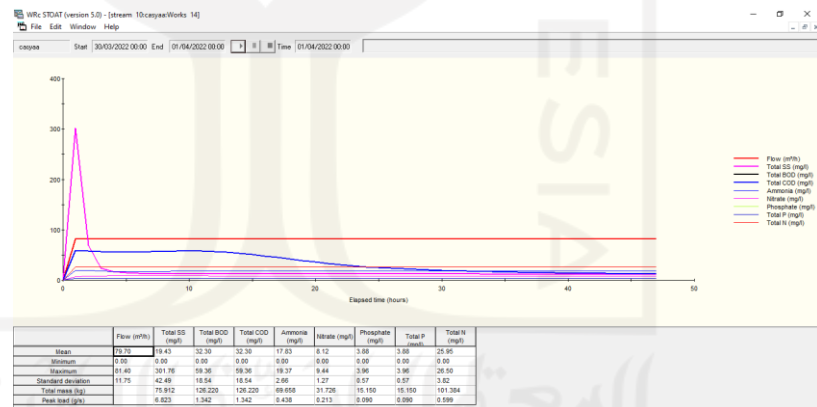
Hasil skenario 1 teknologi lumpur aktif dan skenario 2 teknologi bardenpho terhadap parameter terutama parameter TN dan TF. Penelitian ini dilakukan tiga perbandingan yaitu perbandingan beban pengolahan,

##### 4.4.1 Simulasi Model Bardenpho *Software* STOAT

Simulasi model IPAL X terhadap skenario 1 Teknologi Lumpur Aktif dan skenario 2 Teknologi Bardenpho

###### A. Skenario 1

Pada skenario 1 akan direncanakan pengolahan biologis Lumpur Aktif. Pada skenario 1 terdapat uni bar screen, bak ekualisasi, lumpur aktif, *secondary clarifier*, *chlorinations*. Berikut adalah hasil running skenario 1. Dapat dilihat 6pada **Gambar 4.21** merupakan hasil skenario 1 teknologi lumpur aktif pada *software STOAT version 5.0*



Gambar 4. 21 Hasil Running Skenario 1 Teknologi Lumpur Aktif Software STOAT

Hasil simulasi penyisihan kadar nutrien pada skenario 1 menunjukkan bahwa konsentrasi TSS mengalami penurunan dan memenuhi baku mutu dari 141 m/l menjadi 19.43 mg/l. Pada konsentrasi BOD menurun tapi tetap saja masih di atas baku mut awal konsentrasi BOD 128 mg/l menjadi 32.30 mg/l.

Pada konsentrasi COD mengalami penurunan dari 250 mg/l menjadi 32.30 mg/l dan telah memenuhi baku mutu. Pada konsentrasi Amoniak mengalami penurunan dari 19.5 m/l menjadi 17.83 tetapi tetap melebihi baku mutu. Pada konsentrasi Nitrat mengalami kenaikan konsentrasi dari 7 m/l menjadi 8.12 mg/l. Pada konsentrasi TN mengalami penurunan konsentrasi dari 34.81 m/l menjadi 29.95 mg/l. Pada konsentrasi Fosfor mengalami penurunan konsentrasi dari 13.81 m/l menjadi 3.88 mg/l. Pada konsentrasi TF mengalami penurunan konsentrasi dari 12 mg/l menjadi 3.88 mg/L. Dapat dilihat pada **Tabel 4.12** yang merupakan perbandingan hasil skenario dengan Baku Mutu PerMen LH No. 68 Tahun 2016.

Tabel 4. 11 Kesesuaian Hasil Simulasi Skenario 1 Lumpur Aktif dengan Baku mutu

Parameter	Karakteristik (mg/L)		Baku Mutu	Kesesuaian
	Influent	Lumpur Aktif	mg/l	
BOD	128	32.3	30	DBM
COD	250	32.3	30	DBM
TSS	141	19.43	100	BM
Amoniak-NH3	19.5	17.83	10	DBM
Nitrat	7	8.12	-	-
Total Nitrogen	34.81	29.95	-	-
Fosfat	13	3.88	-	-
Total Fosfor	12	3.8	-	-

Berdasarkan hasil konsentrasi parameter Teknologi Lumpur Aktif yang telah dilakukannya simulasi model menggunakan *software* STOAT. Hasil konsentrasi pada Lumpur Aktif akan dilaukan Kesesuaian baku mutu air limbah terhadap Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 Baku Mutu Air Limbah Domestik. Dapat di lihat

pada **Tabel 4.11** bahwa konsentrasi BOD, COD dan terutama pada konsentrasi Amoniak menunjukkan hasil yang melebihi baku mutu.

Berdarkan hasil simulasi teknologi lumpur aktif yang menggunakan *software* STOAT, sehingga dapat mengetahui saat nilai konsentrasi Amoniak minimum maksimum mean, Nitrat minimum maksimum mean, Posfat minimum maksimum mean pada setiap jam selama 48 jam.

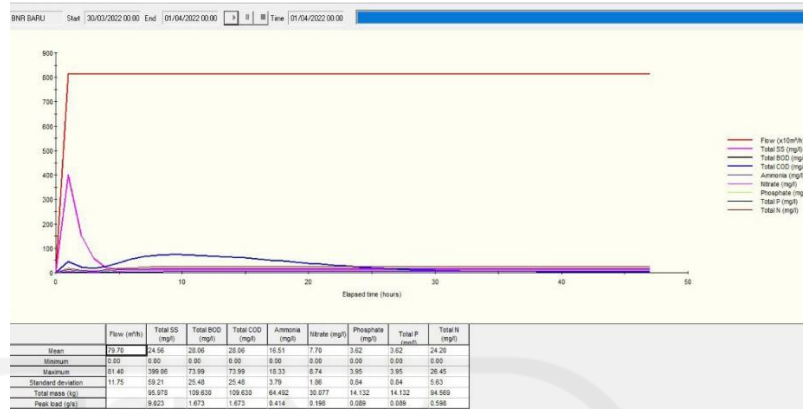
Tabel 4. 12 Konsentrasi Mean Minimum Maximum  
Teknologi Lumpur Aktif

	Stage	NH <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)
Mean	1	18.2	8.3	4
Minimum	1	16.9	8	4
Maximum	1	18.5	9.6	4

#### B. Skenario 2

Pada skenario 2 Teknologi Bardenpho merupakan modifikasi dari teknologi Lumpur aktif. Unit yang terdapat pada teknologi bardenpho yaitu bar screen, bak ekualisasi, *anaerobic-anoxic-aerobic-anoxic-aerobic*, *secondary clarifier*, *chlorinations*. Berikut adalah hasil running Skenario 2. Dapat dilihat pada **Gambar 4.22** merupakan hasil skenario 2 teknologi bardenpho pada *software* STOAT *version* 5.0





Gambar 4. 22 Hasil Running Skenario 2 Teknologi Bardenpho Software STOAT

Hasil simulasi penyisihan kadar nutrisi pada skenario 1 menunjukkan bahwa kadar TSS mengalami penurunan dari 141 m/l menjadi 24.56 mg/l tetapi jauh di atas baku mutu. Pada konsentrasi BOD mengalami penurunan dan memenuhi baku mutu konsentrasi BOD 128 mg/l menjadi 28.06 mg/l. Pada konsentrasi COD mengalami penurunan dari 250 mg/l menjadi 28.06 mg/l dan memenuhi baku mutu. Pada konsentrasi Amoniak mengalami penurunan dari 19.5 m/l menjadi 16.51 mg/l. Pada konsentrasi Nitrat mengalami penurunan konsentrasi dari 7 m/l menjadi 7.70 mg/l. Pada konsentrasi TN mengalami penurunan konsentrasi dari 34.81 m/l menjadi 24.20 mg/l. Pada konsentrasi Fosfor mengalami penurunan konsentrasi dari 13.81 m/l menjadi 3.62 mg/l. Pada konsentrasi TF mengalami penurunan konsentrasi dari 12 mg/l menjadi 3.62 mg/l. Persentase penyisihan parameter pada setiap konsentrasi dapat dilihat pada tabel 4.12. Dapat dilihat pada **Tabel 4.14** yang merupakan perbandingan hasil skenario dengan Baku Mutu PerMen LH No. 68 Tahun 2016.

Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Skenario 2 dengan Baku Mutu

Parameter	Karakteristik (mg/L)		Baku Mutu	Kesesuaian
	Influent	Bardenpho	mg/l	
BOD	128	28.06	30	BM
COD	250	28.06	30	BM
TSS	141	24.56	100	BM
Amoniak- NH3	19.5	16.51	10	DBM
Nitrat	7	7.7	-	-
Total Nitrogen	34.81	24.2	-	-
Fosfat	13	3.62	-	-
Total Posfor	12	3.62	-	-

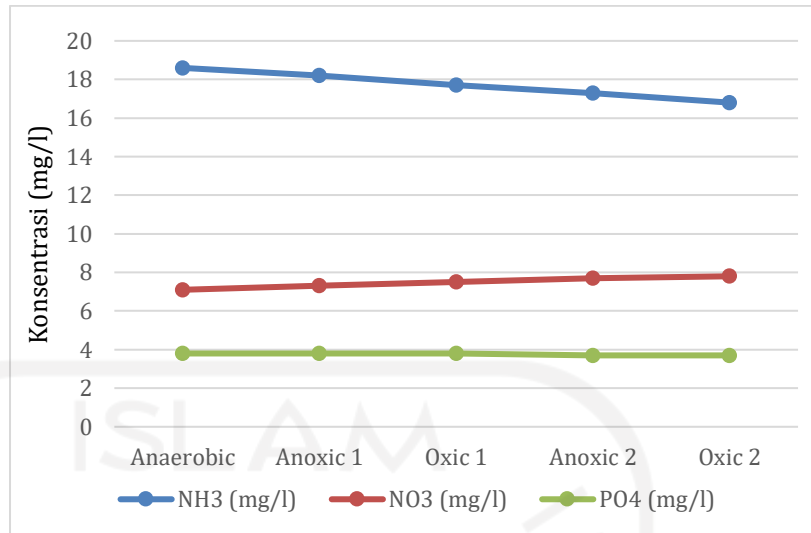
Berdasarkan hasil konsentrasi parameter Teknologi Bardenpho yang telah dilakukannya simulasi model menggunakan *software* STOAT. Hasil konsentrasi pada Bardenpho akan dilaukan kesesuaian baku mutu air limbah terhadap Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 Baku Mutu Air Limbah Domestik. Dapat di lihat pada **Tabel 4.13** bahwa konsentrasi Amoniak menunjukkan hasil yang melebihi baku mutu.

Kesesuaian hasil konsentrasi pada Teknologi Lumpur Aktif dan Bardenpho menunjukkan bahwa parameter Amoniak masih melebihi baku mutu, sehingga dapat mempengaruhi dalam penurunan konsentrasi TN pada masing-masing teknologi yang dimana pada penelitian ini lebih mengedepankan penurunan konsentrasi TN dan TP. Akan tetapi pada penelitian ini telah dilakukan perhitungan beban pengolahan yang dapat dilihat pada **Tabel 4.15** sehingga dapat dilakukan pertimbangan bahwa pada Teknologi Lumpur Aktif dan Bardenpho yang layak

Berdasarkan hasil simulasi teknologi bardenpho yang menggunakan *software* STOAT pada **Tabel 4.15**, dapat mengetahui saat nilai konsentrasi Amoniak minimum maksimum mean, Nitrat minimum maksimum mean, Posfat minimum maksimum mean pada setiap jam selama 48 jam.

Tabel 4. 14 Konsentrasi Mean Minimum Maximum Pada Setiap Stage

	Stage	NH <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)
Mean	1	18.6	7.1	3.8
	2	18.2	7.3	3.8
	3	17.7	7.5	3.8
	4	17.3	7.7	3.7
	5	16.8	7.8	3.7
Minimum	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
Maximum	1	19.2	7.4	4
	2	19	7.7	4
	3	18.8	8.1	4
	4	18.6	8.5	4
	5	18.4	8.8	4

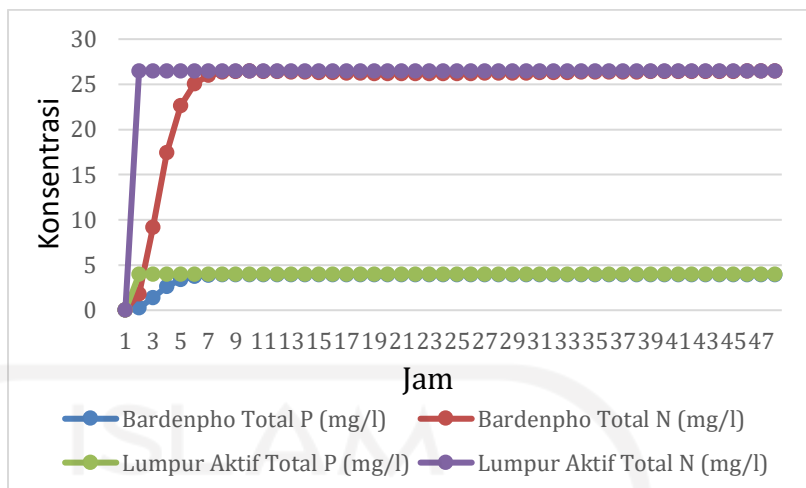


Gambar 4. 23 Grafik Mean Pada Teknologi Bardenpho

Dapat di lihat pada **Tabel 4.14** dan Gambar 4.23 menampilkan hasil mean, maximum pada masing-masing parameter seperti amoniak ( $\text{NH}_3$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan Posfat ( $\text{PO}_4$ ). Berdasarkan tabel diatas, konsentrasi *Mean* yang tertinggi pada parameter Amoniak dari Stage 1 dengan nilai konsentrasi 18.6 mg/l, untuk parameter Nitrat dari Stage 5 dengan nilai konsentrasi sebesar 7.8 mg/l, dan parameter Posfat dari Stage 1-Stage 3 dengan nilai konsentrasi sebesar 3.8 mg/l. Pada Konsentrasi maksimum Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) pada stage 1 pada jam 0 hingga jam 43 mengalami penurunan, namun pada **jam 44 hingga jam 47** mengalam kenaikan maksimum sebesar 19.2 mg/l mengalami kenaikan 19.2 pada jam 44 hingga jam 47. Pada konsentrasi maksimum Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) pada stage 1 pada jam 0 hingga jam 3 mengalami kenaikan sebesar 7.4 mg/l terjadi kestabilan pada setiap **jam 4 hingga jam ke 6**, namun pada jam ke 7 hingga jam ke 47 konsentrasi Nitrat mengalami penurunan. Pada konsentrasi maksimum Posfat ( $\text{PO}_4$ ) pada stage 1 pada jam 0 hingga jam 3 mengalami kenaikan sebesar 4 mg/l pada setiap jam 4 hingga jam ke 7, namun pada jam 8

hingga jam 40 mengalami penurunan, kemudian konsentrasi Posfat stabil pada jam ke **42 hingga jam 47** dengan konsentrasi sebesar 4 mg/l. Pada konsentrasi maksimum Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) pada stage 2 sebesar 19 mg/l mengalami naik turun dari jam 0 hingga jam 42, kemudian mengalami kenaikan sebesar 19 mg/l pada jam **44 hingga jam 47**. Pada konsentrasi maksimum Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) pada stage 2 mengalami ke stabilan sebesar 7.7 mg/l pada jam 0 hingga jam 3 mengalami kenaikan sebesar 7.7 mg/l pada setiap jam **4 hingga jam ke 8**, namun pada jam ke 9 hingga jam ke 47 mengalami penurunan. Pada konsentrasi maksimum Posfat ( $\text{PO}_4$ ) pada stage 2 pada jam 0 hingga jam 3 mengalami kenaikan sebesar 4 mg/l pada setiap jam **4 hingga jam ke 8**, namun pada jam ke 9 hingga jam ke 41, kemudian mengalami kenaikan maksimum pada jam **42 hingga jam 47**. Pada Stage 3, 4, 5 dapat dilihat pada **Tabel lampiran**. Penurunan konsentrasi nitrat yang tidak stabil hal ini dikarenakan tidak adanya media yang digunakan sebagai tempat melekatnya bakteri.

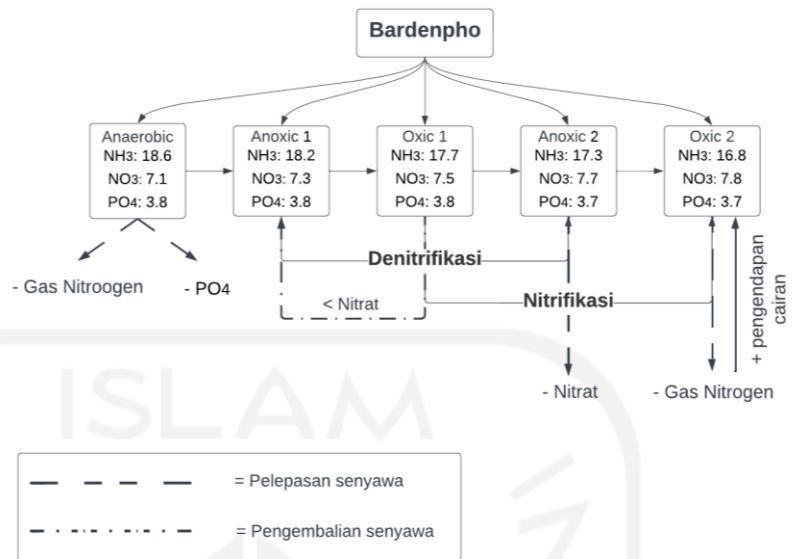
Pada skenario 1 Teknologi Lumpur Aktif dan skenario 2 Teknologi Bardenpho menghasilkan konsentrasi TN dan TP selama 48 jam. Dapat dilihat pada **Gambar 4.24** yang merupakan diagram alir TN dan TP Teknologi Bardenpho dan Teknologi Lumpur Aktif selama 48 jam



Gambar 4. 24 Grafik perbandingan Konsentrasi TN dan TP pada Skenario 1 dan Skenario 2

Dapat diligit pada gambar diatas bahwa pada konsentrasi pada TP teknologi Bardenpho meningkat pada setiap 1 jam sekali, namun pada jam 12 mengalami penurunan konsentrasi menjadi 3.91 mg/l dan pada jam 12 hingga jam 47 mengalami kenaikan konsentrasi hingga mencapai 3.95 mg/l. Pada Lumpur Aktif TP mengalami konstant pada jam ke 2 hingga jam 47. Pada konsentrasi TN teknologi Bardenpho jam 1 hingga 2 mengalami peningkatan yang awalnya 1.79 mg/l menjadi 9.2 mg/l dapat dilihat kenaikan yang drastis sementara pada jam ke 3 hingga 47 mengalami kenaikan sebesar 26.48 mg/l. Pada konsentrasi TN teknologi Lumpur Aktif mengalami konstant pada parameter TN yang dimulai dari jam 2 hingga jam 47

Berikut merupakan skema proses amoniak ( $\text{NH}_3$ ), Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan Posfat ( $\text{PO}_4$ ) pada setiap stage *Anaerobic* 1-*Anoxic* 1-*Oxic* 1-*Anoxic* 2-*Oxic* 2 yang tertera pada **Gambar 4.25**.



Gambar 4. 25 Skema Proses Setiap Stage Bardenpho

Pada tabel Berdasarkan **Gambar 4.25** proses Bardenpho terdiri dari 1 *Anaerobic*, 2 *Anoxic*, 2 *Oxic*. Pada bak *Anaerobic* 1 terjadinya proses penyisihan NH<sub>3</sub> melalui proses denitirfikasi pada proses anaerobik metabolisme bakteri tanpa menggunakan menggunakan oksigen, bak *anaerobic* terjadi penghilangan gas Nitrogen dan pelepasan senyawa Posfat. Pada bak *Anoxic* 1 pada proses ini menggunakan proses denitrifikasi yang dimana proses ini dilakukan untuk penghilangan senyawa nitrat pada bak *anoxic* 1. Pada Bak *Oxic* 1 senyawa nitrogen-amonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat melalui proses nitrifikasi, dan pada bak *Oxic* 1 yang mengandung Nitrat akan di kembalikan ke bak *Anoxic* 1. Pada bak *anoxic* 2 akan dilakukan pelepasan/penghilangan senyawa nitrat yang tersissa dalam effluent melalui proses denitrifikasi. Pada bak *Oxic* 1 dilaukan proses penghilangan gas Nitrogen yang dihasilkan dari proses denitrifikasi (*Anoxic*) sehingga akan meningkatkan proses pengendapan cairan tercampur.

Tabel 4. 15 Efisiensi Removal Amoniak, Nitrat, Fosfor

Parameter	Efisiensi Removal				
	1	2	3	4	5
Ammoniak	4.62%	6.67%	9.23%	11.28%	13.85%
Nitrat	-1.43%	-4.29%	-7.14%	-10.00%	-11.43%
Fosfor	38.71%	38.71%	38.71%	40.32%	40.32%

Pada **Tabel 4.15** didapatkan efisiensi removal pada senyawa amoniak, nitrat, dan fosfor. Pada bak anaerobik efisiensi dalam penyisihan amoniak sebesar 4.62%, nitrat sebesar -1.43% , dan fosfor sebesar 38.71%. Pada bak anoksik 1 efisiensi dalam penyisihan amoniak sebesar 6.67%, nitrat sebesar -4.29% , dan fosfor sebesar 38.71%. Pada bak aerobik 1 didapatkan efisiensi dalam penyisihan amoniak sebesar 9.23%, nitrat sebesar -7.14% , dan fosfor sebesar 38.71%. Pada bak anoksik 2 didapatkan efisiensi dalam penyisihan amoniak sebesar 11.28%, nitrat sebesar -10% , dan fosfor sebesar 40.32%. pada bak aerobik 2 didapatkan efisiensi dalam penyisihan amoniak sebesar 13.85%, nitrat sebesar -11.43% , dan fosfor sebesar 40.32%. Sehingga pada efisiensi removal pada setiap bak, penyisihan kadar amoniak tertinggi pada bak Aerobik 2 dengan efisiensi removal sebesar 13.85 % , untuk penyisihan senyawa fosfor tertinggi pada bak Anoksik 2 dan Aerobik 2 dengan efisiensi removal sebesar 40.32%.



#### 4.4.2 Perbandingan Beban Pengolahan Skenario 1 dan Skenario 2

Pada **Tabel 4.15** ini merupakan hasil perhitungan manual beban pengolahan yang akan dibandingkan dengan beban pengolahan Teknologi Lumpur Aktif dan Teknologi Bardenpho

Tabel 4. 16 Perbandingan Beban Pengolahan Aktual Proses Lumpur Aktif dan Proses Bardenpho

Parameter	KI (mg/l)	BPA		KELA (mg/L)	BPE 1		Efisiensi Removal	KEB (mg/L)	BPE 2		Efisiensi Removal
		mg/hari	kg/hari		mg/hari	kg/hari			mg/hari	kg/hari	
BOD	128	260769.28	260.77	32.3	65803.50	65.80	74.77%	28.06	57165.52	57.17	78.08%
COD	250	509315.00	509.32	32.3	65803.50	65.80	87.08%	28.06	57165.52	57.17	88.78%
TSS	141	287253.66	287.25	19.43	39583.96	39.58	86.22%	24.56	50035.11	50.04	82.58%
Ammoniak	19.5	39726.57	39.73	17.83	36324.35	36.32	8.56%	16.51	33635.16	33.64	15.33%
Nitrat	7	14260.82	14.26	8.12	16542.55	16.54	-16.00%	7.77	15829.51	15.83	-11.00%
Total Nitrogen	26.81	54618.9	54.62	25.95	52866.90	52.8669	3.21%	24.21	49322.1	49.3221	9.70%
Fosfor	13	26484.38	26.48	3.88	25949.34	25.95	2.02%	3.62	7374.88	15.46	41.61%
Total Fosfor	12	24447.12	24.45	3.88	23953.24	23.95	2.02%	3.62	7374.88	7.37	69.83%

#### 4.5 Analisis SWOT (strength, weakness, opportunities, threats) pada IPAL X

Pada penelitian ini dilakukan analisis SWOT yang merupakan upaya dalam analisis kelemahan dan peluang dalam perencanaan IPAL X dengan teknologi lumpur aktif dan proses bardenpho. Pada penelitian ini dilakukan analisis pendekatan kuantitatif SWOT. Dalam pendekatan kuantitatif skoring dan bobot internal serta eksternal yang merepresentasikan *strength, weakness, opportunities, threats* (SWOT)

Analisis SWOT yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode Kuantitatif. Pada metode ini menggunakan pembobotan dan skoring dengan menggunakan nilai. Pada pembobotan memiliki nilai skala:

1. = Sangat tidak berpengaruh
2. = Cukup berpengaruh
3. = Berpengaruh
4. = Sangat berpengaruh

Sementara pada skoring memiliki skala sebagai berikut:

1. = Sangat kecil
2. = Sedang
3. = Besar
4. = Sangat besar

Pada analisis SWOT teknologi Bardenpho nilai *Strength* kekuatan pada skoring bernilai 4 (sangat besar) dan pembobotan bernilai 4 (sangat berpengaruh), hal ini dikarenakan pada kekuatan terdapat teknologi Bardenpho mampu menyisihkan kadar Nutrien sehingga terdapat kekuatan

berupa kepercayaan masyarakat terhadap mengolah limbah di IPAL X. Selain itu teknologi Bardenpho memiliki beberapa kelemahan berupa harga alat yang tinggi dikarenakan pada teknologi Bardenpho memiliki 5 bak dalam proses penurunan nutrien sehingga terdapat nilai skoring 4 (sangat besar) dan pembobotan sebesar 3 (berpengaruh). Selain itu terdapat faktor eksternal berupa peluang dan ancaman. Pada peluang (*Opportunities*) terdapat berupa konsentrasi air limbah dibawah baku mutu pada teknologi Bardenpho dikarenakan dalam pengolahan teknologi Bardenpho menggunakan lima proses tahapan dalam penurunan nutrien sehingga terdapat nilai skoring 4 (sangat besar) dan pembobotan sebesar 3 (berpengaruh). Pada ancaman (*Threats*) terdapat kerusakan sanitasi lingkungan, hal ini dikarenakan apabila kadar nutrient tidak dikelola dengan baik akan mengakibatkan pencemaran sanitasi lingkungan terdapat nilai skoring 3 (besar) dan pembobotan 4 (sangat berpengaruh). Sehingga faktor eksternal dari pengolahan limbah di IPAL X dapat mengakibatkan berupa penyakit bagi para masyarakat.

Berikut ini merupakan **Tabel 4.16** Analisis teknologi SWOT pada skenario 1 IPAL X dengan *activated sludge* sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Analisis SWOT Skenario 1 Activated Sludge

No	Strengths	Skor	Bobot	Total
1	Mampu menyisihkan kadar Nutrien	3	4	12
2	Biaya operasional yang rendah	4	3	12
4	Menurunkan padatan tersuspensi (TSS)	4	3	
Total Strength				24
No	Weakness (Kelemahan)			
1	Jumlah tangki yang sedikit	4	3	12
2	Biaya yang rendah	4	4	16
Total Weakness				28
Selisih S-W				-4
No	Opportunities (peluang)			
1	Konsentrasi air limbah dibawah baku mutu	3	4	12
2	Lingkungan tidak tercemar	3	2	6
Total Opportunities				18
No	Treths (Ancaman)			
1	Kerusakan sanitasi lingkungan	4	4	16
2	Pertumbuhan penduduk semakin meningkat	4	3	12
Total Threats				28
Selisih O-T				-10

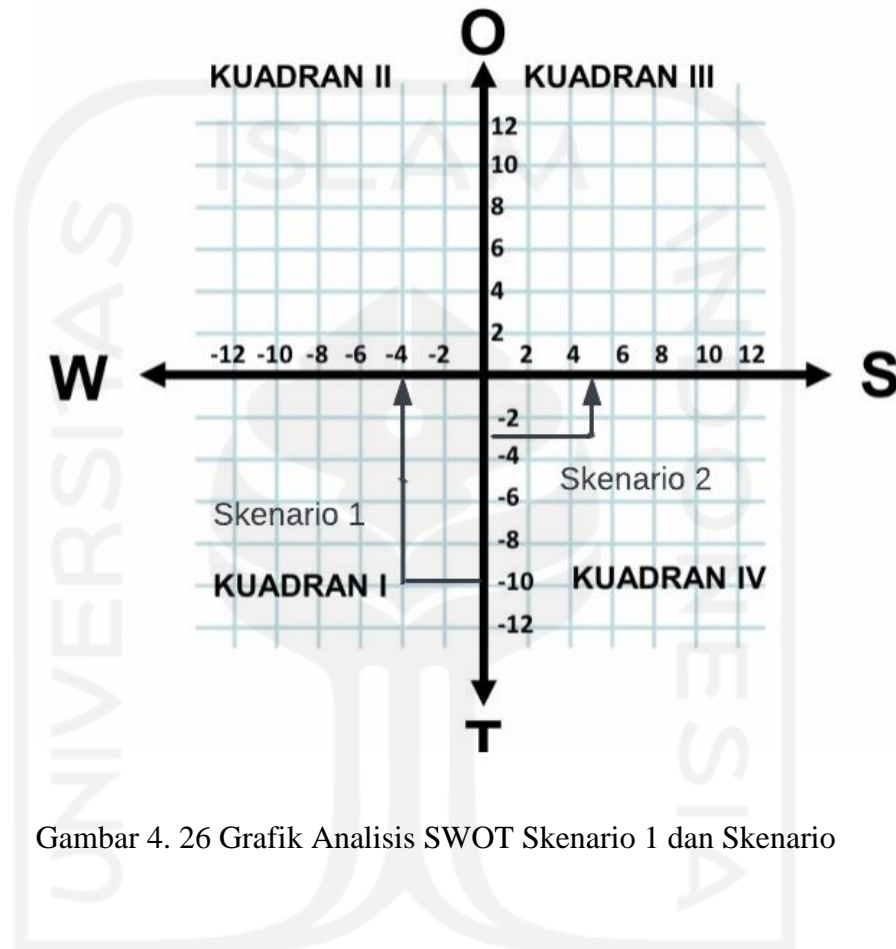
Berikut ini merupakan **Tabel 4.17** Analisis teknologi SWOT pada skenario 2 IPAL X dengan bardenpho sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Analisis SWOT Skenario 2 Bardenpho

No	Strengths	Skor	Bobot	Total
1	Mampu menyisihkan kadar Nutrien	4	4	16
2	Biaya operasional yang rendah	4	3	12
3	Kebutuhan daya/energi kecil	3	3	9
Total Strength				37
No	Weakness (Kelemahan)			
1	Memiliki jumlah tangki yang banyak	4	2	8
2	Biaya alat yang tinggi	4	3	12
3	Lahan yang luas	3	4	12
Total Weakness				32
Selisih S-W				5
No	Opportunities (peluang)			
1	Konsentrasi air limbah dibawah baku mutu	4	3	12
2	Lingkungan tidak tercemar	3	2	6
Total Opportunities				18
No	Treths (Ancaman)			
1	Kerusakan sanitasi lingkungan	3	4	12
2	Pertumbuhan penduduk semakin meningkat	3	3	9
Total Threats				21
Selisih O-T				-3

Berdasarkan tabel analisis SWOT skenario 1 dan skenario 2 dapat dilakukan penentuan selisih (S-W) yang menunjukkan nilai X pada grafik dan selisih (O-T) menunjukkan nilai Y pada grafik. Pada skenario 1 *Activated Sludge* didapatkan nilai grafik (X,Y) adalah (-4,-10) yang terletak pada kuadran ke I, berdasarkan selisih skenario 1 disimpulkan harus meningkatkan kinerja dalam penurunan kadar nutrien. Pada skenario 2 analisis SWOT Bardenpho didapatkan nilai grafik (X,Y) adalah (5,-3) yang terletak pada kuadran ke IV. Sehingga dapat disimpulkan bahwa skenario 2 pada teknologi bardenpho dapat menyisihkan kadar nutrien dengan beberapa keunggulan dan kelemahan yang dapat diatasi. Tetapi pada skenario 2 ini memiliki tantangan dan ancaman berupa kebutuhan lahan yang luas dan ancaman, dan biaya alat yang tinggi dengan demikian

teknologi Bardenpho memiliki kapabilitas penyisihan nutrien yang baik dapat diterapkan untuk perencanaan 10 tahun kedepan . Berikut adalah penentuan diagram skenario 1 dan skenario 2:



Gambar 4. 26 Grafik Analisis SWOT Skenario 1 dan Skenario

## BAB V

### KESIMPULAN & SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian memiliki kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Telah dilakukannya perbandingan perbandingan efisiensi removal berdasarkan perhitungan manual skenario 1 Lumpur aktif (*activated sludge*) dan skenario 2 Bardenpho melalui penyelesaian konsentrasi influent dan konsentrasi pada simulasi lumpur aktif dan bardenpho y. Dilakukannya perbandingan neraca massa guna untuk mengetahui kesanggupan dalam penyisihan Total Nitrogen dan Total fosfor. Pada skenario 1 lumpur aktif didapatkan kapabilitas penyisihan kadar nutrien (Total Nitrogen dan Total fosfor) dengan kabalitas efisiensi removal TN sebesar 24.45% sedangkan kapabilitas penyisihan efisiensi removal TF sebesar 2.02%. Sedangkan skenario 2 Teknologi Bardenpho kapabilitas penyisihan efisiensi removal dengan TN sebesar 30.48 % sedangkan kapabilitas penyisihan TF sebesar 69.83%, yang artinya terjadi penurunan beban pengolahan sebesar 24.45 kg/hari menjadi 7.37 kg/hari. Dari penggunaan skenario menunjukkan bahwa skenario 2 teknologi Bardenpho yang memiliki kapabilitas tinggi terhadap penyisihan efisiensi removal kadar TN dan TF sehingga teknologi bardenpho memiliki performa yang baik untuk perencanaan 10 tahun mendatang.
2. Telah mensimulasikan model Skenario 1 Teknologi Lumpur Aktif dan Skenario 2 Bardenpho menggunakan *software* STOAT versi 5.0 dengan prosedur yang dimulai dari lembar kerja baru yang dimana

dilakukannya pembuatan model per unit. Kemudian mengisi data input pada masing-masing unit misalnya *name and dimension*, *initial condition*, dan *operation*. Data input menggunakan referensi studi literatur yang ada di Indonesia dan Negara Asia seperti Konsentrasi BOD, COD, TSS, Amoniak, Nitrat, Nitrit, Total Nitrogen, Fosfor, Total Fosfor. Penggunaan referensi studi literatur yang dibuat oleh Negara Asia dipilih dari ketidak jauhannya iklim yang berada di Negara Asia. Selain penggunaan data input konsentrasi, terdapat juga data input berupa Debit, Dimensi, Luas Permukaan, Volume, waktu detensi yang didapatkan dari hasil perhitungan secara manual. Setelah melakukan penginputan data selanjutnya melakukan running pada simulasi model STOAT, dan hasil running yang terdapat di STOAT berupa grafik nilai konsentrasi parameter.

3. Telah dilaksanakan analisis SWOT pada Skenario 1 teknologi Lumpur Aktif dan Skenario 2 teknologi Bardenpho yang bertujuan untuk mempertahankan kelayakan kinerja skenario 1 dan skenario 2 pada IPAL X, dengan menggunakan analisis kuantitatif. Pada skenario 1 Lumpur Aktif memiliki selisih skor S-W dan O-T yang sangat rendah, dimana menempati kuadran ke IV dengan nilai grafik (-4,-10) yang berarti pada perencanaan teknologi lumpur aktif tidak baik berdasarkan analisis SWOT sehingga menempati kuadran ke I. Sedangkan pada skenario 2 teknologi bardenpho memiliki selisih skor yang baik yaitu S-W dan O-T menempati kuadran ke IV dengan nilai grafik (5,-3) yang berarti pada perencanaan ini baik, berdasarkan analisis SWOT kuantitatif. Setelah dilihat dari perbandingan kuadran skenario 1 dan skenario 2, dapat dinyatakan bahwa perencanaan IPAL X dalam kapabilitas penyisihan kadar TN dan TF yang lebih baik berdasarkan analisis kuantitatif SWOT memilih menggunakan teknologi Bardenpho dalam menerapkan perencanaan untuk 10 tahun ke depan. Selain itu juga terdapat tantangan dalam teknologi Bardenpho berupa kebutuhan



lahan yang luas, biaya alat yang tinggi, dan operator yang handal dalam merencanakan operasional teknologi bardenpho.

## 5.2 Saran

Saran yang diberikan kepada yang ingin melanjutkan penelitian *biological nutrient removal* sebagai berikut

1. Melengkapi perencanaan dengan DED dan RAB-BOQ serta membuat tampilan 3D dalam perencanaan ini, sehingga dapat memudahkan dalam memahami proses IPAL X.
2. Membuat perhitungan neraca massa yang dibuat secara manual sesuai dengan Teknologi Bardenpho

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung et al. (2018). Analisis Sistem Jaringan Perpipaan Penyaluran Air Limbah di Kawasan Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Asmadi dan Suharno. (2012). Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah. Gosyen Publishing : Yogyakarta
- Belladona, Meilani. (2017). Analisis Tingkat Pencemaran Sungai Akibat Limbah Industri Karet di Kabupaten Bengkulu Tengah. *urnal.umj.ac.id/I*, ISSN: 2407-1846.
- Betty Sri Laksmi Jenii & Winiati P,R. (1993). Penanganan Limbah Industri Pangan. Kanisius 1993. Yogyakarta. Hal 15-26
- Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 tahun 2016. Tentang Parameter Limbah Domestik.
- James E. Huff, P. E., & Darryl Carstensen, P. E. (2015). *Phosphorus Removal Feasibility Report for the Barrington Wastewater Treatment Facility*.
- Kristianto,T.,Muliawati,E.C., Arief, R., & Hidayat,S. (2017). Strategi peningkatan Omset UKM Percetakan dengan Pendekatan Analisis SWOT.
- Metcalf & Eddy. (2003), *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal And Reuse*, 4th Ed., Mcgraw Hill Book Co., New York.
- N. Muhsinin (2019), Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Fitoremediasi Sistem *Constructed Wetland* Dengan Tanaman Pandanus Amaryll
- Pokja AMPL Kota X . (2009). Kondisi Kesehatan Lingkungan Ditinjau Dari Sarana Pengolahan Air Limbah (SPAL).
- Priyanka, A,(2012). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritim (Studi Perbandingan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina *Learning Center*). *Jurnal Universitas Indonesia*, 1-105
- Qasim, S. R., & Zhu, G. (2017). *Wastewater Treatment and Reuse: Theory and Design examples. In CRC Press*
- Rahmat dan Mallongi, Anwar. (2018). Studi Karakteristik dan Kualitas BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Daerah Jeneponto. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*. Volume 1.Ranieri,
- Ezio & Harold & Tchobanoglous, George. (2010). *An Examination of the Factor Involved in Agricultural Reuse: Technologies Regulatory and Social Aspects. Journal of Water Resource and Protection*, 03.

Samer, M. (2015). *Biological and Chemical Wastewater Treatment Process*. Dalam *Wastewater Treatment Engineering*.

Supradata. (2005). *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan tanaman Hias dalam sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. Semarang: Universitas Diponegoro

WRc.plc. (2013). *WRc STOAT Tutorial Guide* (hal 1-80)



## LAMPIRAN I

### PROYEKSI PENDUDUK DAERAH PELAYANAN

#### A. Proyeksi Penduduk

Terdapat 3 (tiga) metode yang digunakan dalam proyeksi penduduk dengan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No: 18/ PRT/ M/ 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, yaitu metode Aritmatik, Geometrik dan *Least Square*. Untuk menentukan pilihan rumus proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisis dengan menghitung standar deviasi. Metode yang dipilih adalah metode yang memiliki standar deviasi terkecil. Metode yang menghasilkan nilai standar deviasi terkecil (mendekati nol) pada *Backward Projection* selanjutnya akan digunakan sebagai metode proyeksi penduduk pada *Forward Projection*.

Berikut adalah data jumlah penduduk Kelurahan X dari tahun 2010 hingga 2021, beserta pertumbuhan penduduknya:

Tabel I. 1 Jumlah Penduduk Kelurahan X

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk	
			Jiwa	Persentase (%)
1	2010	9645	-	0.00%
2	2011	9839	194	1.97%
3	2012	10028	189	1.88%
4	2013	10216	188	1.84%
5	2014	10399	183	1.76%
6	2015	10578	179	1.69%
7	2016	10755	177	1.65%
8	2017	10926	171	1.57%
9	2018	11091	165	1.49%
10	2019	11251	160	1.42%
11	2020	11404	153	1.34%

12	2021	12092	688	5.69%
<b>Jumlah</b>		<b>128224</b>	<b>1606</b>	<b>22.30%</b>
<b>Rerata</b>		<b>10685</b>	<b>178</b>	<b>1.86%</b>

a. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Adapun tahapan pengerjaan data statistik penduduk Kelurahan X menggunakan metode aritmatik sebagai berikut :

1. Rata-rata pertumbuhan penduduk dari tahun 2010-2021 :

$$K_a = \frac{P_{21} - P_{10}}{T_{21} - T_{10}}$$

Dimana :

$K_a$  = Konstanta aritmatik

$P_{21}$  = Jumlah penduduk tahun terakhir

$P_{10}$  = Jumlah penduduk tahun awal

$T_{21}$  = Tahun terakhir

$T_{10}$  = Tahun awal

Contoh perhitungan :

$$K_a = \frac{P_{21} - P_{10}}{T_{21} - T_{10}} = \frac{12092 - 9645}{2021 - 2010} = 222 \text{ jiwa/tahun}$$

2. Mencari proyeksi penduduk dari data yang didapatkan pada tahun 2010-2021 dengan metode Geometrik, menggunakan rumus :

$$Y_i = P_o + (k_a \cdot n)$$

Dimana :

$Y_i$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

$P_0$  = Jumlah penduduk tahun dasar (terakhir)

$K_a$  = Konstanta aritmatik

n = Periode (waktu) antara tahun awal dan tahun n

Contoh perhitungan tahun 2012 :

$$Y_i = 12092 + (222 \times (3-12))$$

$$Y_i = 10090 \text{ jiwa}$$

### 3. Standar Deviasi

Selanjutnya menentukan standar deviasi dengan metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metode yang memberikan nilai standar deviasi terkecil.

Contoh perhitungan pada tahun 2012:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \underline{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{7076502}{12}} = 767.92$$

Berikut tabel proyeksi penduduk dengan metode aritmatik pada Kelurahan X 10 tahun terakhir:

Tabel I. 2 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Geometrik (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean) <sup>2</sup>
			Jiwa	Ratio			
2010	1	9645	-	0.00%	9645	-1224	1496952.25
2011	2	9839	194	1.97%	9867	-1001	1002092.00
2012	3	10028	189	1.88%	10090	-779	606203.80
2013	4	10216	188	1.84%	10312	-556	309287.65
2014	5	10399	183	1.76%	10535	-334	111343.56
2015	6	10578	179	1.69%	10757	-111	12371.51
2016	7	10755	177	1.65%	10980	111	12371.51
2017	8	10926	171	1.57%	11202	334	111343.56
2018	9	11091	165	1.49%	11425	556	309287.65
2019	10	11251	160	1.42%	11647	779	606203.80
2020	11	11404	153	1.34%	11870	1001	1002092.00
2021	12	12092	688	5.69%	12092	1224	1496952.25
<b>Jumlah</b>	<b>78</b>	<b>128224</b>	<b>1606</b>	<b>22.30%</b>	<b>106460</b>		<b>7076502</b>
<b>Rerata</b>		<b>10685</b>	<b>178.44</b>	<b>1.86%</b>	<b>10869</b>		<b>589708</b>
<b>Standar Deviasi</b>		<b>767.92</b>					
<b>Ka</b>		<b>222</b>					

b. Proyeksi Penduduk Metode Geometri

Adapun tahapan pengerjaan data statistik penduduk Kelurahan X menggunakan metode geometri sebagai berikut :

1. Mencari persentase pertumbuhan penduduk rata-rata pertahun adalah :

$$r = \frac{\Sigma \text{persen}}{\text{jumlah data}}$$

Contoh perhitungan :

$$r = \frac{\Sigma \text{persen}}{\text{jumlah data}} = \frac{22.30\%}{12} = 1.86\%$$

2. Mencari proyeksi penduduk dari data yang didapatkan pada tahun 2009-2020 dengan metode Geometrik, menggunakan rumus :

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

Dimana :

- $Y_i$  = Jumlah penduduk tahun ke-n
- $P_o$  = Jumlah penduduk tahun dasar
- $r$  = Laju pertumbuhan penduduk
- $n$  = Jumlah interval tahun

Contoh perhitungan tahun 2012:

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

$$Y_i = 12092 + (1 + 0.0186)^{(3-12)}$$

$$Y_i = 10206 \text{ Jiwa}$$

### 3. Standar Deviasi

Selanjutnya menentukan standar deviasi dengan metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metode yang memberikan nilai standar deviasi terkecil.

Contoh perhitungan pada tahun 2012:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{6053778}{12}} = 710.27$$

Berikut tabel proyeksi penduduk dengan metode geometri pada Kelurahan X 10 tahun terakhir :



Tabel I. 3 Proyeksi Penduduk Metode Geometri

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Geometrik (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean) <sup>2</sup>
			Jiwa	Ratio			
2010	1	9645	-	0.00%	9828	-1096	1201779.31
2011	2	9839	194	1.97%	10015	-909	826850.49
2012	3	10028	189	1.88%	10206	-719	516693.05
2013	4	10216	188	1.84%	10400	-525	275300.29
2014	5	10399	183	1.76%	10598	-327	106847.48
2015	6	10578	179	1.69%	10799	-125	15699.44
2016	7	10755	177	1.65%	11005	80	6418.36
2017	8	10926	171	1.57%	11214	289	83771.91
2018	9	11091	165	1.49%	11427	503	252741.77
2019	10	11251	160	1.42%	11645	720	518532.39
2020	11	11404	153	1.34%	11866	942	886580.16
2021	12	12092	688	5.69%	12092	1167	1362562.93
<b>Jumlah</b>	<b>78</b>	<b>128224</b>	<b>1606</b>	<b>22.30%</b>	<b>131097</b>		<b>6053778</b>
<b>Rerata</b>		<b>10685</b>	<b>178.44</b>	<b>1.86%</b>	<b>10925</b>		<b>504481</b>
<b>Standar Deviasi</b>					<b>710.27</b>		
<b>r</b>					<b>1.90%</b>		

c. Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Adapun tahapan di dalam mencari proyeksi penduduk dengan metode Least Square yaitu :

1. Menentukan nilai x ( Tahun ke n ) dan nilai y ( Jumlah Penduduk )
2. Mencari jumlah penduduk pada tahun tersebut (xy)
3. Menghitung jumlah penduduk pada data yang diperoleh
4. Mencari nilai b, dengan rumus :

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

Contoh Perhitungan :

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{(12 \times 861304) - (78 \times 128224)}{(12 \times 650) - (78^2)} = 194.74$$

5. Mencari nilai a, dengan rumus :

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Contoh perhitungan :

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n} = \frac{128224 - (78 \times 194.74)}{12} = 9419.52$$

6. Membuat persamaan *least square*:

$$Y_i = a + bx$$

Dimana :

-  $Y_i$  = Nilai variabel berdasarkan garis regresi

-  $a$  = Konstanta

-  $b$  = Koefisien arah Regresi Linier

-  $x$  = Variabel independen

Contoh perhitungan tahun 2012:

$$Y_i = a + bx$$

$$Y_i = 9419.52 + (194.74 \times 3) = 10004 \text{ jiwa}$$

#### 7. Standar Deviasi

Selanjutnya menentukan standar deviasi dengan metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metode yang memberikan nilai standar deviasi terkecil.

Contoh perhitungan pada tahun 2012:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5423154.57}{12}} = 672.26$$

Berikut tabel proyeksi penduduk dengan metode least square pada Kelurahan X 10 tahun terakhir :



Tabel I. 4 Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Least Square (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean) <sup>2</sup>
					Jiwa	Ratio			
2010	1	9645	9645	1	-	0.00%	9614	-1071	1147205.78
2011	2	9839	19678	4	194	1.97%	9809	-876	767964.20
2012	3	10028	30084	9	189	1.88%	10004	-682	464570.93
2013	4	10216	40864	16	188	1.84%	10198	-487	237025.99
2014	5	10399	51995	25	183	1.76%	10393	-292	85329.36
2015	6	10578	63468	36	179	1.69%	10588	-97	9481.04
2016	7	10755	75285	49	177	1.65%	10783	97	9481.04
2017	8	10926	87408	64	171	1.57%	10977	292	85329.36
2018	9	11091	99819	81	165	1.49%	11172	487	237025.99
2019	10	11251	112510	100	160	1.42%	11367	682	464570.93
2020	11	11404	125444	121	153	1.34%	11562	876	767964.20
2021	12	12092	145104	144	688	5.69%	11756	1071	1147205.78

<b>Jumlah</b>	<b>78</b>	<b>128224</b>	<b>861304</b>	<b>650</b>	<b>2447</b>	<b>22.30%</b>	<b>128224</b>		<b>5423154.57</b>
<b>Rerata</b>		<b>10685</b>	<b>71775.33</b>	<b>54.17</b>	<b>222.45</b>	<b>1.86%</b>	<b>10685</b>		<b>451929.55</b>
b	194.74								
a	9419.52								

d. Perbandingan Tiga Metode

Berikut ini merupakan tabel perbandingan proyeksi penduduk metode aritmatik, metode geometri dan metode least square:

Tabel I. 5 Perbandingan 3 Metode

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Metode		
			Aritmatik	Geometri	Least Square
1	2010	9645	9645	9828	9614
2	2011	9839	9867	10015	9809
3	2012	10028	10090	10206	10004
4	2013	10216	10312	10400	10198
5	2014	10399	10535	10598	10393
6	2015	10578	10757	10799	10588
7	2016	10755	10980	11005	10783

8	2017	10926	11202	11214	10977
9	2018	11091	11425	11427	11172
10	2019	11251	11647	11645	11367
11	2020	11404	11870	11866	11562
12	2021	12092	12092	12092	11756
Jumlah		128224	106460	107138	104906
Standar Deviasi			767.92	710.27	672.26



Hasil perhitungan mundur proyeksi penduduk dengan metode Least Square menunjukkan nilai standar deviasi terkecil, dengan demikian metode Least Square digunakan untuk memproyeksikan penduduk 10 tahun mendatang.

e. Perhitungan Maju

Pada perhitungan maju dilakukan perhitungan proyeksi maju 10 tahun ke depan. Adapun data jumlah penduduk acuan yang digunakan adalah jumlah penduduk pada tahun 2022, kemudian proyeksi penduduk maju yang digunakan dimulai dari tahun 2022 hingga 2032.

Tabel I. 6 Proyeksi Hitung Maju dengan Metode Least Square Kelurahan X

No	Tahun	n	Jumlah Penduduk
1	2021	12	12092
2	2022	13	11951
3	2023	14	12146
4	2024	15	12341
5	2025	16	12535
6	2026	17	12730
7	2027	18	12925
8	2028	19	13120
9	2029	20	13314
10	2030	21	13509
11	2031	22	13704
11	2032	23	13899
<b>r</b>		1.90%	



## B. Perhitungan Debit

Berikut ini merupakan perhitungan debit yang akan digunakan dalam penelitian ini:

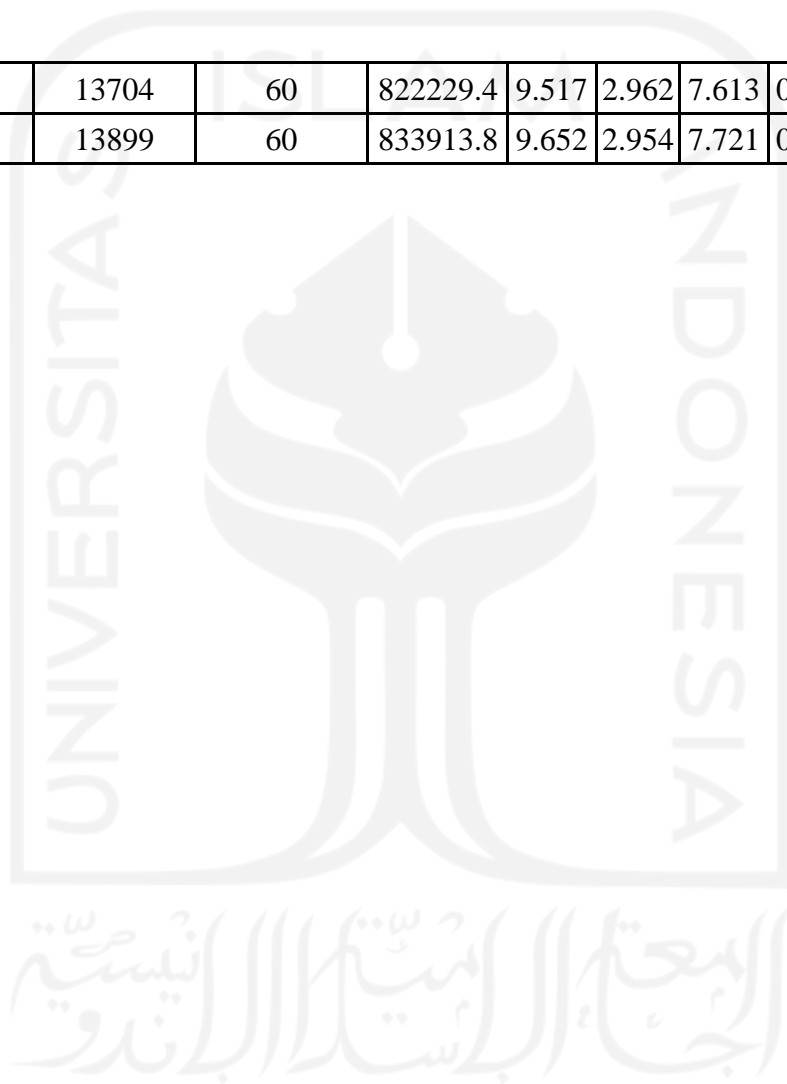


Tabel 4. 7 Debit Kelurahan X

Tabel I.7 Tabel proyeksi Debit

No	Tahun	Jumlah Penduduk	% Pelayanan	Jumlah penduduk terlayani	Jumlah Pemakaian Air	Kebutuhan Air Bersih Total (Qtotal)		FP	Debit AL rata-rata (Qr)		Debit AL infiltrasi (Qinf)		Debit Puncak (Qpeak)	
		Jiwa	%	Jiwa	L/org/hari	L/hari	lt/dtk		lt/dtk	m3/dtk	lt/dtk	m3/detik	lt/dtk	m3/dtk
1	2021	11756	70%	8229	60	493769.2	5.715	3.28	4.572	0.0046	0.457	0.00046	15.454	0.015
2	2022	11951	70%	8366	60	501948.4	5.81	3.269	4.648	0.0047	0.465	0.00047	15.66	0.016
3	2023	12146	70%	8502	60	510127.5	5.904	3.259	4.723	0.0047	0.472	0.00047	15.865	0.016
4	2024	12341	80%	9873	60	592350.4	6.856	3.163	5.485	0.0055	0.548	0.00055	17.896	0.018
5	2025	12535	80%	10028	60	601698	6.964	3.153	5.571	0.0056	0.557	0.00056	18.123	0.018
6	2026	12730	80%	10184	60	611045.6	7.072	3.143	5.658	0.0057	0.566	0.00057	18.35	0.018
7	2027	12925	90%	11632	60	697942.3	8.078	3.061	6.462	0.0065	0.646	0.00065	20.427	0.02
8	2028	13120	90%	11808	60	708458.3	8.2	3.052	6.56	0.0066	0.656	0.00066	20.674	0.021
9	2029	13314	90%	11983	60	718974.4	8.321	3.043	6.657	0.0067	0.666	0.00067	20.921	0.021
10	2030	13509	100%	13509	60	810544.9	9.381	2.971	7.505	0.0075	0.751	0.00075	23.045	0.023

11	2031	13704	100%	13704	60	822229.4	9.517	2.962	7.613	0.0076	0.761	0.00076	23.313	0.023
12	2032	13899	100%	13899	60	833913.8	9.652	2.954	7.721	0.0077	0.772	0.00077	23.579	0.024



Penyelesaian:

Berikut ini merupakan contoh perhitungan debit Kelurahan X pada tahun 2032:

1. Jumlah penduduk = 13899 Jiwa

2. Persentase Pelayanan = 100%

3. Jumlah penduduk terlayani

= Jumlah penduduk x persentase pelayanan

= 13899 Jiwa x 100%

= 13899 Jiwa

4. Jumlah pemakaian air = 60 L/org/hari

5. Kebutuhan Air Bersih

= Jumlah penduduk terlayani 2032 x Jumlah pemakaian air

= 13899 Jiwa x 60 L/org/hari

= 833913.8 L/hari

= 9.652 L/s

6. Faktor puncak (Fp)

$$= \frac{5}{\left(\frac{\text{Jumlah penduduk terlayani 2022}}{1000}\right)^{0.2}}$$

$$= \frac{5}{\left(\frac{13899}{1000}\right)^{0.2}}$$

= 2.954

7. Debit rata-rata (Qr)

= 80% x Qtotal

$$= 80\% \times 9.652 \text{ L/s}$$

$$= 7.721 \text{ L/s}$$

$$= 0.00772 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 8. Debit infiltrasi (Qinf)

$$= 10\% \times Q_r$$

$$= 10\% \times 7.721 \text{ L/s}$$

$$= 0.772 \text{ L/s}$$

$$= 0.000772 \text{ m}^3/\text{s}$$

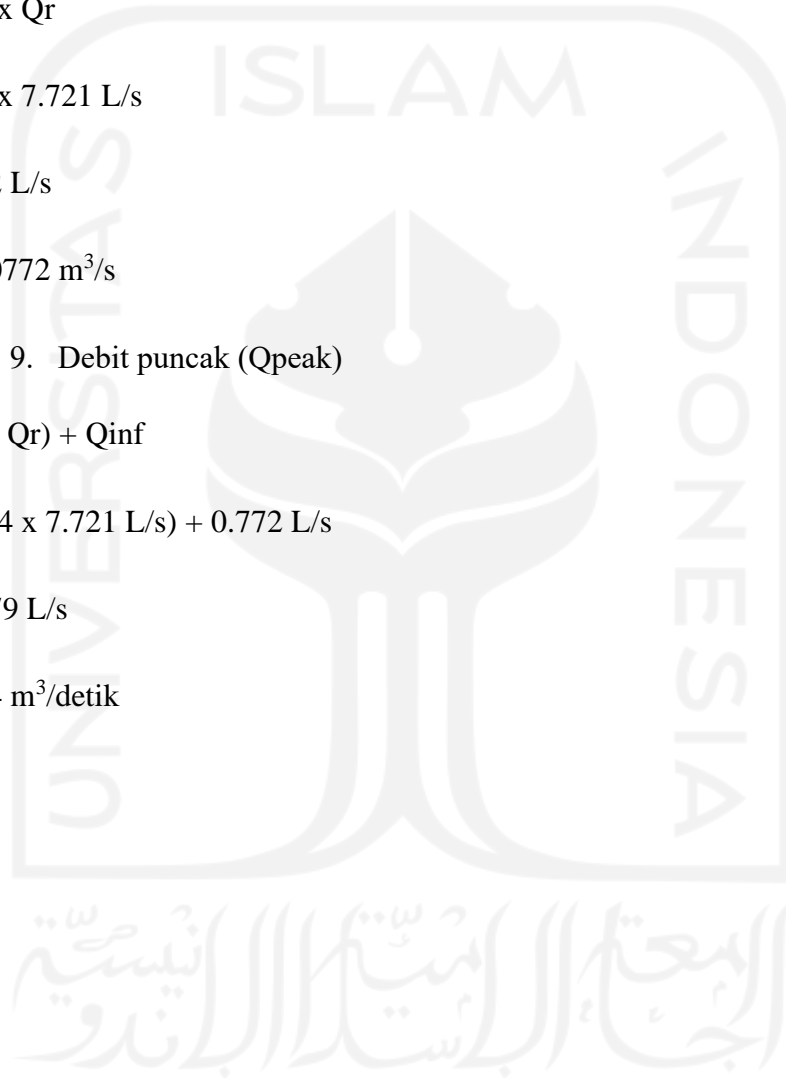
#### 9. Debit puncak (Qpeak)

$$= (F_p \times Q_r) + Q_{inf}$$

$$= (2.954 \times 7.721 \text{ L/s}) + 0.772 \text{ L/s}$$

$$= 23.579 \text{ L/s}$$

$$= 0.024 \text{ m}^3/\text{detik}$$



## LAMPIRAN II

### PERHITUNGAN MANUAL PADA IPAL X

#### A. Primary Treatment

##### 1. Bar Screen

Berikut ini merupakan tabel kriteria desain pada unit *Bar Screen*:

Tabel II.1 Kriteria Desain Unit *Bar Screen*

KRITERIA DESAIN			
Parameter	Besar Nilai Kriteria	Kriteria Digunakan	Sumber
Kecepatan maksimum aliran melalui bar (m/s)	0,3 - 0,6	0.6	Tchobanoglous, 2003
Ukuran bar			
Lebar (mm)	4 - 8	4	
Tinggi (mm)	25 - 50	25	
Spasi antar bar (mm)	25 - 75	25	
Kemiringan dari garis horizontal (°)	45 - 60	45	
Headloss diizinkan, <i>clogged screen</i> (mm)	150	150	
Headloss maksimum, <i>clogged screen</i> (mm)	800	800	

Berikut ini merupakan detail perhitungan pada unit *Bar Screen*:

##### 1. Data Perencanaan:

- a. Jumlah Unit = 1 buah
- b.  $V$  aliran = 0.6 m/s
- c. Diameter pipa = 0.5 m
- d. Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 0.024 m<sup>3</sup>/detik
- e. Jumlah celah = 50 buah
- f. Lebar jarak screen = 25 mm
- g. Lebar batang screen = 4 mm
- h. Kedalaman air dalam pipa

$$= 80\% \times \text{Diameter Pipa}$$

$$= 80\% \times 0.5 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

## 2. Perhitungan:

a. Luas penampang bar

$$= \frac{Qp}{Vp} = \frac{0,024}{0,6} = 0,039 \text{ m}^2$$

b. Luas area bersih screen

$$= \frac{A}{d} = \frac{0,039}{80\% \times 0,5} = \frac{0,039}{0,4} = 0,098 \text{ m}$$

c. Total area bersih

= jumlah celah x lebar jarak screen

$$= 50 \times 25 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$= 1,25 \text{ m}$$

d. Jumlah bar

= Jumlah celah + 1

$$= 50 + 1$$

$$= 51 \text{ buah}$$

e. Lebar chamber

=  $l_{\text{area bersih screen}} + (l_{\text{batang screen}} \times \text{jumlah batang})$

$$= 0,098 \text{ m} + \left( \left( 4 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right) \times 51 \right)$$

$$= 0,302 \text{ m}$$

f. Koefisien efisiensi

$$= \frac{\text{Bukaan bersih}}{\text{Lebar chamber}}$$

$$= \frac{51 \text{ buah} \times 25 \text{ mm}}{0,302 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$= 4,22$$

g. Kedalaman air ( $d_2$ ) sebelum screening

$$Z_1 + d_1 + \frac{v^2}{2g} = Z_2 + d_2 + \frac{V^2}{2g} + hL$$

$$\begin{aligned}
Z_1 + d_1 + \frac{v^2}{2g} &= Z_2 + d_2 + \frac{V^2}{2g} + Ke \left( \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right) \\
0 + 0,4 + \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} &= 0 + d_2 + \frac{\left( \frac{0,024}{0,302 \times d_2} \right)^2}{2 \times 9,81} + \left( 0,3 \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} - \frac{\left( \frac{0,024}{0,302 \times d_2} \right)^2}{2 \times 9,81} \right) \right) \\
0,42 &= d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + 0,3 \left( \frac{0,360}{19,62} - \frac{0,0006}{1,76 d_2^2} \right) \\
0,42 &= d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + 0,3 \left( \frac{0,03 d_2^2 - 0,0006}{1,79 d_2^2} \right) \\
0,42 &= d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + \frac{0,0099 d_2^2}{1,79 d_2^2} - \frac{0,0002}{1,79 d_2^2} \\
0,42 &= \frac{1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 + 0,0004}{1,79 d_2^2} \\
0,75 d_2^2 &= 1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 + 0,0004 \\
0 &= 1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 - 0,75 d_2^2 + 0,0004 \\
0 &= 1,79 d_2^3 - 0,7388 d_2^2 + 0,0004 \\
d_2 &= 0,41 \text{ m (trial and error)}
\end{aligned}$$

h. Kecepatan aliran ( $V_2$ ) sebelum screening

$$V_2 = \frac{Qp}{d_2 \times L_{saluran}} = \frac{0,024}{0,41 \times 0,302} = 0,19 \text{ m}^2/\text{s}$$

i. Kecepatan aliran ( $V_2$ ) melewati bar screen saat bersih

$$V_2 = \frac{Qp}{d_2 \times L_{bukaan screening}} = \frac{0,024}{0,41 \times 0,098} = 0,585 \text{ m}^2/\text{s}$$

j. Headloss saat bersih

$$\begin{aligned}
H_{LBersih} &= \frac{V_2 \text{ Bersih}^2 - V_2^2}{2g} \times \left( \frac{1}{0,7} \right) \\
&= \frac{0,585^2 - 0,19^2}{2 \times 9,81} \times \left( \frac{1}{0,7} \right) \\
&= 0,02 \text{ m}
\end{aligned}$$

k. Kedalaman air ( $d_3$ ) setelah screening



$$Z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{2g} = Z_3 + d_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hL$$

$$0 + 0,41 + \frac{0,19^2}{2 \times 9,81} = 0 + d_3 + \frac{\left(\frac{0,024}{0,302 \times d_3}\right)^2}{2 \times 9,81} + 0,02$$

$$0,41 = d_3 + \frac{0,0006}{1,79 d_3^2} + 0,02$$

$$0,41 = \frac{1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2}{1,79 d_3^2}$$

$$0,74 d_3^2 = 1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2$$

$$0 = 1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2 - 0,74 d_3^2$$

$$0 = 1,79 d_3^3 - 0,70 d_3^2 + 0,0006$$

$$d_3 = 0,39 \text{ m (trial and error)}$$

- l. Kecepatan aliran ( $V_3$ ) setelah screening

$$V_3 = \frac{Qp}{d_3 \times L_{saluran}} = \frac{0,024}{0,39 \times 0,302} = 0,20 \text{ m}^2/\text{s}$$

- m. Kedalaman air saat headloss 50% ( $d_2'$ )

$$- V_{50} = \frac{Qp}{L_{saluran} \times d_2' \times 50\%} = \frac{0,024}{0,302 \times d_2' \times 50\%} = \frac{0,16}{d_2'}$$

$$- V_2' = \frac{Qp}{L_{saluran} \times d_2'} = \frac{0,024}{0,302 \times d_2'} = \frac{0,08}{d_2'}$$

$$- H_{L50} = \frac{V_{50}^2 - V_2'^2}{2g} \times \left(\frac{1}{0,7}\right)$$

$$= \frac{\left(\frac{0,16}{d_2'}\right)^2 - \left(\frac{0,08}{d_2'}\right)^2}{2 \times 9,81} \times \left(\frac{1}{0,7}\right)$$

$$= \frac{\left(\frac{0,018}{d_2'^2}\right)}{19,62} \times \left(\frac{1}{0,7}\right)$$

$$= \frac{0,018}{13,73 d_2'^2}$$

$$= \frac{0,0013}{d_2'^2}$$

- Menghitung  $d_2'^2$

$$d_2' + \frac{V_2'^2}{2g} = d_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hL50$$

$$\begin{aligned}
d_2' + \frac{(0,08)^2}{2 \times 9,81} &= 0,39 + \frac{0,20^2}{2 \times 9,81} + \frac{0,0013}{d_2'^2} \\
d_2' + \frac{0,0061}{19,62 d_2'^2} &= 0,39 + 0,002 + \frac{0,0013}{d_2'^2} \\
-0,392 &= -d_2' - \frac{0,0061}{19,62 d_2'^2} + \frac{0,0013}{d_2'^2} \\
-0,392 &= \frac{-19,62 d_2'^3 - 0,0061 + 0,03}{19,62 d_2'^2} \\
-7,69 d_2'^2 &= -19,62 d_2'^3 + 0,0201 \\
0 &= -19,62 d_2'^3 + 7,69 d_2'^2 + 0,0201 \\
d_2' &= 0,4 \text{ m (trial n error)}
\end{aligned}$$

n. Kecepatan aliran saat clogging 50% ( $V_2'$ )

$$V_2' = \frac{Qp}{d_2' \times L_{saluran}} = \frac{0,024}{0,4 \times 0,302} = 0,195 \text{ m}^2/\text{s}$$

o. Headloss 50% clogging

$$H_{L50} = d_2' - d_3 = 0,4 - 0,39 = 0,01 \text{ m}$$

### 3. Bak Ekualisasi

Berikut ini merupakan tabel kriteria desain pada unit *Equalization Tank*:

Tabel II.2 Kriteria Desain Unit Equalization Tank

Kriteria Desain Bak Ekualisasi				
Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
Kedalaman air minimum	h <sub>min</sub>	1.5-2	m	Buku B Cipta Karya
Ambang batas	h <sub>fb</sub>	1	m	
Laju Pemompaan udara	Q udara	0.01-0.015	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .menit	
Kemiringan dasar tangki	S	40-100	mm/m diameter	
waktu detensi	t	0.5-2	jam	Metcalf & Eddy dalam Priyanka 2012

Berikut ini merupakan detail perhitungan unit *Equalization Tank*:

#### 1. Data perencanaan *Ekualization Tank*:

- a. Kedalaman = 1.5 m
- b. Ambang batas = 1 m
- c. Waktu detensi = 1 jam

#### 2. Perhitungan:

- a. Debit rata-rata = 27.80 m<sup>3</sup>/jam
- b. Waktu tinggal = 1 jam
- c. Volume bak  
 = Debit puncak x waktu tinggal  
 = 27.80 m<sup>3</sup>/jam x 1 jam  
 = 27.80 m<sup>3</sup>
- d. Kedalaman bak = 1.5 m
- e. Luas permukaan  
 =  $\frac{\text{volume bak}}{\text{kedalaman bak}}$

$$= \frac{27.80 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}}$$

$$= 18.53 \text{ m}^2$$

f. Dimensi bak = P:L = 1:1

Panjang

$$= \sqrt{\text{Luas permukaan}}$$

$$= \sqrt{18.53 \text{ m}^2}$$

$$= 4.3 \text{ m} \approx 4.5 \text{ m}$$

Lebar = 4.3 m  $\approx$  4.5 m

g. Volume digunakan

$$= P \times L \times T$$

$$= 4.5 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$$

$$= 30.375 \text{ m}^3$$

h. Head statis = 2 m

i. A pipa

$$= \frac{Q_{peak}}{\text{Kecepatan (V)}}$$

$$= \frac{0.0234 \text{ m}^3/\text{detik}}{1 \text{ m}/\text{detik}}$$

$$= 0.024 \text{ m}^2$$

j. Diameter pipa

$$= \sqrt{\frac{4 \times Q_{peak}}{3.14 \times 3}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0.0234 \text{ m}^3/\text{detik}}{3.14 \times 3}}$$

$$= 0.1 \text{ m}$$

k. Hf Mayor

Hf discharge

$$= \frac{Q_{peak}}{(0.2785 \times \text{Panjang pipa} \times D^2)^{1.85}} \times 0.5$$

$$= \frac{0.0234 \text{ m}^3/\text{detik}}{(0.2785 \times 5 \text{ m} \times 0.1^2)^{1.85}} \times 0.5$$

$$= 1.32 \text{ m}$$

l. Hf Minor

- n: 1

- k: 0.25

m. Hf (akibat belokan 90)

$$= \frac{n \times (k \times V^2)}{2 \times 9.81}$$

$$= \frac{1 \times (0.25 \times 1^2)}{2 \times 9.81}$$

$$= 0.013 \text{ m}$$

n. Hf kecepatan

$$= \frac{v^2}{2 \times 9.81}$$

$$= \frac{1^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 0.051 \text{ m}$$

o. H sisa tekan = 0.5 (asumsi)

p. Head total

$$= H \text{ statis} + H_f \text{ discharge} + H_f 90 + H_f \text{ kecepatan} + H \text{ sisa tekan}$$

$$= 2 \text{ m} + 1.32 \text{ m} + 0.013 \text{ m} + 0.051 \text{ m} + 0.5$$

$$= 3.89 \text{ m}$$

q. y : 9.8

r.  $\eta$  : 0.75

s. Perhitungan daya pompa

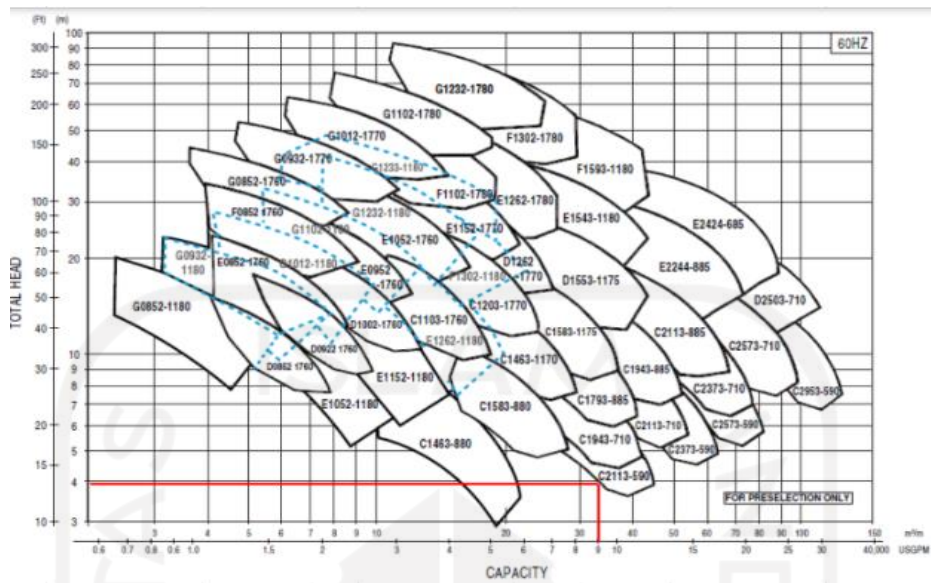
$$= \frac{H \text{ total} \times y \times Q \text{ peak}}{\eta}$$

$$= \frac{3.89 \text{ m} \times 9.8 \times 0.023 \text{ m}^3/\text{detik}}{0.75}$$

$$= 1.184 \text{ kW}$$

t. Spesifikasi pompa

C1463-880



Gambar II. 1 Spesifikasi Pompa pada Unit Equalization Tank

B. Secondary treatment

1. Lumpur Aktif

Berikut ini merupakan tabel pengolahan lumpur aktif sebagai berikut:

Tabel II.3 Kriteria Desain Unit Lumpur Aktif

KRITERIA DESAIN			
Parameter	Besar Nilai Kriteria	Kriteria Digunakan	Sumber
Umur sel (hari)	5 - 15	10	(Metcalf & Eddy, 1991)
MLSS (mg/l)	2500 - 4000	3000	
Koefisien Decay (/hari)	0,025 - 0,075	0.05	
Koefisien pertumbuhan (kg VSS/mg BOD5)	0,4 - 0,8	0.5	

1. Data Perencanaan:

- a. Jumlah unit = 1 buah
- b. Debit = 0.024 m<sup>3</sup>/s  
= 2037.26 m<sup>3</sup>/hari
- c. Debit tiap bak

$$= \frac{\text{Debit}}{\text{Jumlah unit}}$$

$$= \frac{0.024 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ buah}}$$

$$= 0.024 \text{ m}^3/\text{s}$$

d. Kedalaman = 3 m

e. Umur sel ( $\theta_c$ )  
= 10 hari

f.  $K_s$   
= 50 mg BOD/l

g.  $Y$   
= 0.5 kg VSS/kg BOD<sub>5</sub>

h.  $K_d$   
= 0.05 /hari

i. MLSS (X)  
= 2500 mg/L  
= 2.5 kg/L

j. Rasio P:L = 1:1

k. BOD Soluble influent  
= 57.5 mg/L

l. Rasio BOD/BOD<sub>u</sub> (f)  
= 0.7

m. Fraksi VSS/TSS (G)  
= 0.85

n. Konsentrasi TSS pada effluent  
= 26 mg/L

o. BOD effluent *suspended solid*  
= 1.42 x f x G x TSS effluent  
= 1.42 x 0.7 x 0.85 x 26 mg/L  
= 21.967 mg/L

p. BOD effluent  
= BOD soluble influent – BOD effluent *suspended solid*

$$= 57.5 \text{ mg/L} - 21.967 \text{ mg/L}$$

$$= 35.533 \text{ mg/L}$$

2. Perhitungan:

a. Yobs

$$= \frac{Y}{1+(k_d \times \theta_c)}$$

$$= \frac{0.8 \text{ kg} \frac{\text{VSS}}{\text{kg}} \text{BOD5}}{1+(\frac{0.025}{\text{hari}} \times 10 \text{ hari})}$$

$$= 0.71 \text{ VSS/mg BOD}$$

b. Px

$$= \text{Yobs} \times \text{Debit} \times (\text{BOD influen} - \text{BOD effluent}) \times 0.001$$

$$= 0.71 \text{ VSS/mg BOD} \times 2037.26 \text{ m}^3/\text{s} \times (128 \text{ mg/L} - 35.533 \text{ mg/L}) \times 0.001$$

$$= 133.96 \text{ kg VSS/hari}$$

c. Total produksi TSS (Pxss)

$$= \frac{Px}{0.8}$$

$$= \frac{133.96 \text{ kg VSS/hari}}{0.8}$$

$$= 167.45 \text{ kg TSS/hari}$$

d. MLVSS

$$= 0.81 \times \text{MLSS}$$

$$= 0.81 \times 2500 \text{ mg/L}$$

$$= 2000 \text{ mg/L}$$

e. HRT

$$= \left( \frac{Px}{Q \times \text{MLVSS} \times 0.001} \right) \times \theta_c \times 24$$

$$= \left( \frac{133.96 \text{ kg VSS/hari}}{2037.26 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 2000 \text{ mg/L} \times 0.001} \right) \times 10 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3.95 \text{ jam} \approx 4.00 \text{ jam}$$

f. Volume

$$= Q \times \frac{\text{HRT}}{24}$$

$$= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{4 \text{ jam}}{24}$$

$$= 339.54 \text{ m}^3$$



g. Lebar

$$= \sqrt{\frac{\text{Volume}}{\text{Kedalaman}}}$$

$$= \sqrt{\frac{339.54 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}}$$

$$= 10.64 \text{ m}$$

h. Panjang

$$= \text{Lebar} \times \text{Rasio Panjang}$$

$$= 10.64 \text{ m} \times 1$$

$$= 10.64 \text{ m}$$

i.  $X_e$

$$= 0.8 \times \text{TSS effluent}$$

$$= 0.8 \times 26 \text{ mg/L}$$

$$= 20.8$$

j. Kehilangan TSS pada effluent

$$= (Q \times \text{TSS effluent}) \times 0.001$$

$$= (2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 26 \text{ mg/L}) \times 0.01$$

$$= 52.97 \text{ kg TSS/hari}$$

k. Kehilangan VSS pada effluent

$$= (\text{TSS effluent} \times X_e) \times 0.001$$

$$= (26 \text{ mg/L} \times 20.8) \times 0.001$$

$$= 42.38 \text{ kg VSS/hari}$$

l. TSS in WAS

$$= P_{xss} - \text{Kehilangan TSS pada effluent}$$

$$= 167.45 \text{ kg TSS/hari} - 52.97 \text{ kg TSS/hari}$$

$$= 114.48 \text{ kg TSS/hari}$$

m. VSS in WAS

$$= P_x - \text{Kehilangan VSS pada effluent}$$

$$= 133.96 \text{ kg VSS/hari} - 42.38 \text{ kg VSS/hari}$$

$$= 91.58 \text{ kg VSS/hari}$$

n. TSS ras

$$= 10000$$

o. Q WAS

$$\begin{aligned} &= \frac{TSS \text{ in WAS}}{TSS \text{ ras} \times 0.001} \\ &= \frac{114.48 \text{ kg TSS/hari}}{10000 \times 0.001} \\ &= 11.45 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 11 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

p. Konsentrasi VSS pada RAS (Xr)

$$\begin{aligned} &= 0.8 \times TSS \text{ RAS} \\ &= 0.8 \times 10000 \\ &= 8000 \text{ VSS/l} \end{aligned}$$

q. Q RAS

$$\begin{aligned} &= \left( \frac{MLVSS}{Xr - MLVSS} \right) \times Q \\ &= \left( \frac{2000 \text{ mg/L}}{8000 \frac{\text{VSS}}{\text{l}} - 2400 \text{ mg/L}} \right) \times 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 679.09 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

r. Rasio RAS

$$\begin{aligned} &= \frac{MLSS}{TSS \text{ RAS} - MLSS} \\ &= \frac{2500}{10000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 2500} \\ &= 0.33 \end{aligned}$$

s. F/M

$$\begin{aligned} &= \frac{BOD \text{ influen} \times 24}{HRT \times MLVSS} \\ &= \frac{128 \text{ mg/L} \times 24}{3.25 \text{ jam} \times 2000 \text{ mg TSS/l}} \\ &= 0.4 \text{ mg BOD/mg VSS} \end{aligned}$$

t. Mass organic loading (MOL)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Efisiensi removal BOD}}{100\%} \times F/M \\ &= \frac{72.24\%}{100\%} \times 0.4 \text{ mg BOD/mg VSS} \\ &= 0.28 \text{ mg BOD/mg VSS.hari} \end{aligned}$$

u. Volumetric organic loading (VOL)

$$= \frac{(BOD \text{ influent} - BOD \text{ effluent}) \times 0.001}{\frac{24}{HRT}}$$

$$= \frac{(128 \text{ mg/L} - 35.53 \text{ mg/L}) \times 0.001}{\frac{24}{4 \text{ jam}}}$$

$$= 0.55 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$$

v. Kebutuhan oksigen ( $O_2$ )

$$= Q \times \left( \frac{(BOD \text{ influent} - BOD \text{ effluent}) \times 0.001}{0.68} \right) - (1.42 \times P_x)$$

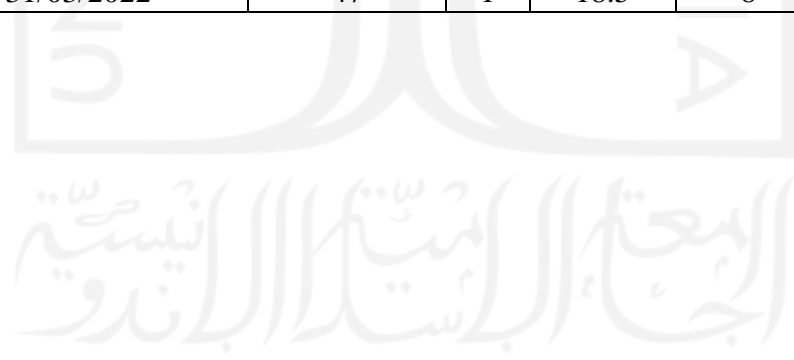
$$= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times \left( \frac{(128 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 35.533 \frac{\text{mg}}{\text{L}}) \times 0.001}{0.68} \right) - (1.42 \times 133.96 \text{ kg VSS/hari})$$

$$= 86.81 \text{ kg } O_2/\text{hari}$$

Berikut merupakan hasil simulasi konsentrasi parameter Amoniak, Nitrat, Posfat pada *software* selama 48 jam pada Teknologi Lumpur Aktif

Date and time (dd/mm/yyyy)	Elapsed time (h)	Stage	NH3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	PO4 (mg/l)
30/03/2022	0	1	17.8	8.7	4
30/03/2022	1	1	18	8.5	4
30/03/2022	2	1	17.2	9.3	4
30/03/2022	3	1	16.9	9.6	4
30/03/2022	4	1	16.9	9.6	4
30/03/2022	5	1	17.1	9.4	4
30/03/2022	6	1	17.4	9.1	4
30/03/2022	7	1	17.6	8.9	4
30/03/2022	8	1	17.9	8.6	4
30/03/2022	9	1	18	8.5	4
30/03/2022	10	1	18.2	8.3	4
30/03/2022	11	1	18.2	8.3	4
30/03/2022	12	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	13	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	14	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	15	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	16	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	17	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	18	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	19	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	20	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	21	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	22	1	18.3	8.2	4
30/03/2022	23	1	18.3	8.2	4

31/03/2022	24	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	25	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	26	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	27	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	28	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	29	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	30	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	31	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	32	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	33	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	34	1	18.3	8.2	4
31/03/2022	35	1	18.4	8.1	4
31/03/2022	36	1	18.4	8.1	4
31/03/2022	37	1	18.4	8.1	4
31/03/2022	38	1	18.4	8.1	4
31/03/2022	39	1	18.4	8.1	4
31/03/2022	40	1	18.4	8.1	4
31/03/2022	41	1	18.4	8.1	4
31/03/2022	42	1	18.5	8	4
31/03/2022	43	1	18.5	8	4
31/03/2022	44	1	18.5	8	4
31/03/2022	45	1	18.5	8	4
31/03/2022	46	1	18.5	8	4
31/03/2022	47	1	18.5	8	4



	Elapsed time (h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Phosphate (mg/l)	Total P (mg/l)	Total N (mg/l)
30/03/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/03/2022	1	2151.25	104.93	104.93	18	8.5	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	2	1737.5	100.78	100.78	17.16	9.34	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	3	1463.54	98.33	98.33	16.87	9.63	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	4	1281.97	97.11	97.11	16.91	9.59	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	5	1162.43	96.77	96.77	17.11	9.39	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	6	1084.71	97.01	97.01	17.37	9.13	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	7	1035.37	97.63	97.63	17.63	8.87	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	8	1005.14	98.48	98.48	17.85	8.65	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	9	987.66	99.42	99.42	18.03	8.47	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	10	978.54	100.36	100.36	18.16	8.34	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	11	974.81	101.24	101.24	18.25	8.25	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	12	974.43	102.03	102.03	18.3	8.2	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	13	976.03	102.71	102.71	18.33	8.17	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	14	978.68	103.32	103.32	18.34	8.16	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	15	981.6	103.89	103.89	18.33	8.17	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	16	984	104.47	104.47	18.33	8.17	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	17	985.4	105.09	105.09	18.31	8.19	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	18	985.56	105.84	105.84	18.3	8.2	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	19	984.46	106.75	106.75	18.29	8.21	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	20	982.26	107.87	107.87	18.28	8.22	3.96	3.96	26.5

30/03/2022	21	979.15	109.22	109.22	18.27	8.23	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	22	975.38	110.78	110.78	18.27	8.23	3.96	3.96	26.5
30/03/2022	23	971.16	112.56	112.56	18.27	8.23	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	24	966.69	114.52	114.52	18.27	8.23	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	25	962.11	116.66	116.66	18.27	8.23	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	26	957.51	118.96	118.96	18.27	8.23	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	27	952.96	121.4	121.4	18.28	8.22	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	28	948.46	123.98	123.98	18.28	8.22	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	29	943.18	126.58	126.58	18.29	8.21	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	30	936.32	129.1	129.1	18.3	8.2	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	31	927.95	131.51	131.51	18.31	8.19	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	32	918.46	133.85	133.85	18.32	8.18	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	33	908.28	136.12	136.12	18.33	8.17	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	34	897.76	138.36	138.36	18.34	8.16	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	35	887.16	140.57	140.57	18.36	8.14	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	36	876.67	142.78	142.78	18.37	8.13	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	37	866.39	144.99	144.99	18.39	8.11	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	38	856.39	147.21	147.21	18.4	8.1	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	39	846.7	149.44	149.44	18.42	8.08	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	40	837.34	151.68	151.68	18.43	8.07	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	41	828.31	153.94	153.94	18.45	8.05	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	42	819.6	156.21	156.21	18.47	8.03	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	43	811.2	158.5	158.5	18.48	8.02	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	44	803.1	160.81	160.81	18.5	8	3.96	3.96	26.5

31/03/2022	45	795.29	163.13	163.13	18.51	7.99	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	46	787.75	165.48	165.48	18.53	7.97	3.96	3.96	26.5
31/03/2022	47	780.46	167.83	167.83	18.54	7.96	3.96	3.96	26.5



## 2. Bardenpho

Pada teknologi bardenpho terdapat 5 zona yaitu anaerobik-anosik-aerobik-anoksik-aerobik. Maka dari itu pada pada zona anaerobik hanya memiliki 1 reaktor, sedangkan zona anoksik memiliki 2 bak reaktor, dan zona aerobik memiliki 2 bak reaktor

Tabel II.4 Kriteria Desain Unit Bardenpho

SRT	F/M	HRT				MLSS	Recycle rasio		Eff	
		AN1	0.4-1.5	AX2	2-4		Rir	2.4	TN	<6
10-20	0.1-0.2	AX1	1-3	OX2	0.5-1	2000-4000	Rrs	0.5-1	TP	<2
		OX1	4-12	Total	8-20					

### A. Perhitungan Bak Anaerobik

#### a. Volume bak (V)

$$= \frac{\text{HRT yang digunakan} \times \text{Debit puncak}}{24}$$

$$= \frac{1 \text{ Jam} \times 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}}{24}$$

$$= 84.89 \text{ m}^3$$

#### b. Volume tiap reaktor (Vr)

$$= \frac{\text{Volume bak}}{\text{Jumlah bak}}$$

$$= \frac{84.89 \text{ m}^3}{1}$$

$$= 84.89 \text{ m}^3$$

#### c. Rasio Panjang : Lebar = 1:1

Panjang

$$= \sqrt{\frac{\text{Volume tiap reaktor (Vr)}}{\text{Kedalaman (h)}}}$$



$$= \sqrt{\frac{84.89 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}}$$

$$= 5.32 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 5.32 \text{ m}$$

d. Volume total ( $V_{tot}$ )

$$= P \times L \times h$$

$$= 5.32 \text{ m} \times 5.32 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$= 84.89 \text{ m}^3$$

e. HRT anaerobic

$$= \frac{V_{tot}}{Q} \times 24$$

$$= \frac{84.89 \text{ m}^3}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24$$

$$= 1 \text{ hari}$$

IMLR anaerobik:Q

IMLR anaerobic

f. sCOD prim,load

$$= \text{COD influent} \times 0.26$$

$$= 250 \text{ mg/L} \times 0.26$$

$$= 65 \text{ mg/hari}$$

g. sCOD load

$$= 65 \text{ mg/hari}$$

sCOD/P factor

$$= 10 \text{ mg}$$

h. P-sCOD-limit

$$= \frac{sCOD \text{ load}}{\frac{sCOD}{P} \text{ faktor}}$$

$$= \frac{65 \text{ mg/hari}}{10 \text{ mg}}$$

$$= 7 \text{ mg P/hari}$$

i. P/VSS-hetero

$$= 0.015 \text{ mg P/mg}$$

j. P-hetero

$$= P_x, \text{ VSS, hetero} \times P/\text{VSS hetero}$$

$$= 138122503 \times 0.015 \text{ mg P/mg}$$

$$= 2071838 \text{ mg P/hari}$$

k. P removal-potential

$$= P\text{-sCOD-limit} + P\text{-hetero}$$

$$= 7 \text{ mg P/hari} + 2071838 \text{ mg P/hari}$$

$$= 2071844 \text{ mg P/hari}$$

l. P<sub>inf</sub>

$$= 12 \text{ mg/L}$$

Oxygen dan Alkalinity Credit

m. sCOD:NO<sub>3</sub>-N faktor

= 4

n. sCOD demand, NO<sub>3</sub>-N,load

= sCOD:NO<sub>3</sub>-N factor x NO<sub>3</sub>-N anokisk,load

= 4 x 187882970.312 mg/hari

= 751531881 mg

o. sCOD demand,P, 1 mg/L

= (P<sub>inf</sub> - 1) x (Q x 1000) x sCOD/P factor

= (12-1) (2037.26 m<sup>3</sup>/hari x 1000) x 10 mg

= 224098807 mg/hari

p. sCOD demand,P, 0.5 mg/L

= (P<sub>inf</sub> - 0.5) x (Q x 1000) x sCOD/P factor

= (12-0.5) (2037.26 m<sup>3</sup>/hari x 1000) x 10 mg

= 234285117 mg/hari

q. sCOD demand, 1mgP/l, total

= sCOD demand, NO<sub>3</sub>-N,load + sCOD demand,P, 1 mg/L

= 751531881 mg + 224098807 mg/hari

= 975630688 mg/hari

r. sCOD demand, 0.5mgP/l, total

= sCOD demand, NO<sub>3</sub>-N,load + sCOD demand,P, 0.5 mg/L

= 751531881 mg + 234285117 mg/hari

$$= 985816998 \text{ mg/hari}$$

s. sCOD prim,load

$$= 65 \text{ mg/hari}$$

t. sCOD supp-load 1 mgP/l, total

$$= \text{sCOD demand, 1mgP/l, total} - \text{sCOD prim,load}$$

$$= 975630688 \text{ mg/hari} - 65 \text{ mg/hari}$$

$$= 975630623 \text{ mg/hari}$$

u. sCOD supp-load 0.5 mgP/l, total

$$= \text{sCOD demand, 0.5mgP/l, total} - \text{sCOD prim,load}$$

$$= 985816998 \text{ mg/hari} - 65 \text{ mg/hari}$$

$$= 985816933 \text{ mg/hari}$$

v. sCOD supp-conc, 1 mgP/l, total

$$= \frac{\text{sCOD supp-load, } 1 \frac{\text{mgP}}{\text{L}}, \text{total}}{Q \times 1000}$$

$$= \frac{975630623 \text{ mg/hari}}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000}$$

$$= 479 \text{ mg/L}$$

w. sCOD supp-conc, .5 mgP/l, total

$$= \frac{\text{sCOD supp-load, } 0.5 \frac{\text{mgP}}{\text{L}}, \text{total}}{Q \times 1000}$$

$$= \frac{985816933 \text{ mg/hari}}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000}$$

$$= 484 \text{ mg/L}$$

## B. Perhitungan Bak Anoksik

a. Luas permukaan bak anoksik 1

$$= V_{\text{anoksik}} / \text{Tinggi bak 1}$$

$$= (172.8 / 3) \text{ m}^2$$

$$= 57.6 \text{ m}^2$$

b. Rasio 2P:2P

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

$$\text{Lebar} = 2 \text{ m}$$

c. Panjang bak anoksik 1

$$= \sqrt{\text{Luas permukaan bak anoksik 1}}$$

$$= \sqrt{57.6 \text{ m}^2}$$

$$= 7.589 \text{ m}$$

d. Lebar

$$= \text{Panjang bak anoksik 1} \times \text{lebar}$$

$$= 7.59$$

$$= 15.179 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bak anoksik} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah bak anoksik 1} = 1 \text{ buah}$$

e.  $V_{\text{bak anoksik 1}}$

$$= (Q_p \times \text{HRT rancangan}) / 24$$

$$= (2037.6 \times 3) / 24$$

$$= 172.8 \text{ m}^3$$

$$\text{HRT rancangan anoksik 1} = 3 \text{ jam}$$

f. HRT anoksik

$$= (V \text{ bak anoksik 1} / Q_p) * 24$$

$$= 172.8 / 2037.6 \times 24 \text{ m}^3$$

$$= 3 \text{ jam}$$

g. SRT anoksik

$$= \text{SRT bak anoksik} \times (V \text{ bak anoksik 1} / V_{\text{total active}})$$

$$= 14 \text{ hari} \times (345.6 / 1209.6) \text{ m}^3$$

$$= 5 \text{ hari}$$

h. SRT nitrit

$$= \text{SRT anoksik design}$$

$$= 5 \text{ hari}$$

i. F/M

$$= (Q_p \times (\text{Inf BOD} - \text{Eff BOD})) / (\text{MLSS} \times V \text{ anoksik total})$$

$$= 2037.6 \times ((128 - 28.34) / (3 \times (604.800)))$$

$$= 0.95 \text{ kg BOD/kg MLSS}$$

j. V bak anoksik 2

$$= (Q_p \times HRT \text{ anoksik } 2) / 24$$

$$= (2037.6 \times 3) / 24$$

$$= 259.2 \text{ m}^3$$

k. Luas permukaan bak anoksik 2

$$= V \text{ bak anoksik } 2 / \text{Tinggi bak}$$

$$= (259.2 / 3) \text{ m}^2$$

$$= 86.4 \text{ m}^2$$

l. Rasio 2P:2P

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

$$\text{Lebar} = 2 \text{ m}$$

Panjang bak anoksik 1

$$= \sqrt{\text{Luas permukaan bak anoksik } 1}$$

$$= \sqrt{86.4 \text{ m}^2}$$

$$= 9 \text{ m}$$

Lebar

$$= \text{Panjang bak anoksik } 1 \times \text{lebar}$$

$$= 9 \times 2$$

$$= 20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bak anoksik} = 3 \text{ m}$$

Jumlah bak anoksik 1 = 1 buah

m.  $V_{\text{anoksik 2}} / V_{\text{anoksik}}$

$$= (V_{\text{bak anoksik 2}} \times V_{\text{oksik}})$$

$$= (259.2 \times 432)$$

$$= 0.6 \text{ m}^3$$

n. HRT anoksik 2

$$= (V_{\text{bak anoksik 2}} / Q_p) \times 24$$

$$= 259.2 / 2037.6 \times 24$$

$$= 3 \text{ jam}$$

o. SRT anoksik

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Volume total}} \times \text{SRT}$$

$$= \frac{432 \text{ m}^3}{1209 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 14 \text{ jam}$$

$$= 5 \text{ hari}$$

p.  $Q_{\text{anoksik 1}}$

$$= (V_{\text{bak anoksik 1}} / \text{HRT1}) / 24$$

$$= 172.8 / 4 / 24$$

$$= 3.6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

q.  $Q_{\text{anoksik 2}}$

$$= (V_{\text{bak anoksik oksik 2}} / \text{HRT1}) / 24$$

$$= (259.2 / 3) / 24$$

$$= 3.6 \text{ m}^3/\text{hari}$$



r.  $Q$  anoksik

$$\begin{aligned} &= Q_p + RAS + ILMR \text{ nitrate} \\ &= 2037.6 + 2108.22 + 3757.77 \\ &= 7939.59 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

s.  $V$  anoksik (velocity)

$$\begin{aligned} &= Q_{\text{anoksik}} / (\text{luas permukaan bak anoksik 1} + \\ &\quad \text{luas permukaan bak anoksik 2}) \\ &= 7939.59 / (57.6 + 86.4) \\ &= 55.136 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$NO_3\text{-N eff} = 6.77 \text{ mg/l}$$

$$NO_3\text{-N anoksik} = 8.6 \text{ mg/l}$$

t. IMLR nitrat :  $Q$

$$\begin{aligned} &= NO_3 - N_{\text{anoksik}} / (NO_3 - N_{\text{eff}} - 1 - RAS : Q) \\ &= 8.6 / (6.77 - 1 - 1.02) \\ &= 1.81 \end{aligned}$$

u. IMLR nitrat

$$\begin{aligned} &= Q_p \times ILMR \text{ nitrat} : Q \\ &= 2037.6 \times 1.81 \\ &= 3757.77 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

v.  $NO_3\text{-N}$  anoksik , load

$$= ((RAS + Q_{\text{anoksik}}) \times 1000) \times NO_3 - N_{\text{eff}}$$

$$= ((2108.22 + 7939.59) \times 1000) \times 6.77$$

$$= 68023635.145 \text{ mg /hari}$$

w. F/M b

$$= ((Qp \times 1000) \times cBOD \text{ eff}) / ((Vanoksik, \text{ active} \times 1000) \times Xe)$$

$$= ((2037.6 \times 1000) \times 128) / ((432 \times 1000) \times 644)$$

$$= 0.9534 \text{ mg cBOD / mg VSS hari}$$

$$sCOD:COD = 0.81$$

$$SDNR \text{ b} = 0.81 \text{ mg NO}_3 - N / \text{mg VSS hari}$$

x. SDNR T

$$= SSDNR \text{ b} \times \theta - K n$$

$$= 0.18 \times 1.026$$

$$= 0.185 \text{ mg NO}_3 - N / \text{mg VSS hari}$$

y. SDN adjust

$$= [1 - F/M \text{ b} - 0.0078]$$

$$= [1 - 0.9534 - 0.0078]$$

$$= 0.04 \text{ mg NO}_3 - N / \text{mg VSS hari}$$

z. NO<sub>r</sub>

$$= Vanoksik, \text{ active} \times 1000 \times SDN \text{ adjust} \times Xe$$

$$= 604.8 \times 1000 \times 0.04 \times 644$$

$$= 10798041.250 \text{ mg NO}_3 - N / \text{mg VSS hari}$$

aa. HRT Total

$$\begin{aligned} &= (V_{\text{anoksik, max}} / Q_p) \times 24 \text{ m}^3 \\ &= 432 \text{ m}^3 / 2037.6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 24 \text{ m}^3 \\ &= 5 \end{aligned}$$

Oxygen dan Alkalinity Credit

Oxygen credit faktor = 2.86 mg O<sub>2</sub>/mg NO<sub>3</sub>-N

bb. R<sub>o</sub>, anoksik

$$= \frac{NO^3-N_{\text{anoksik, load}} \times \text{Oxygen credit faktor}}{24}$$

$$= \frac{68023635.145 \frac{\text{mg}}{\text{hari}} \times 2.86 \text{ mg} \frac{O_2}{\text{mg}} NO^3-N}{24}$$

$$= 8106150 \text{ mg/jam}$$

Alkalinity credit faktor = 3.57 mg CaCO<sub>3</sub>/mg NO<sub>3</sub>-N

cc. Alk anoksik

$$= (NO_3-N_{\text{oksik}} - NO_3-N_{\text{effluent}}) \times \text{Alkalinity credit faktor}$$

$$= (8.6 \text{ mg/L} - 6.77 \text{ mg/L}) \times 3.57 \text{ mg CaCO}_3/\text{mg NO}_3\text{-N}$$

$$= 6.58 \text{ mg/l}$$

C. Perhitungan Bak Aerobik (oksik)

$$\text{Luas permukaan bak oksik1} = V_{\text{oksik}} / \text{Tinggi bak}$$

$$= (345.6 / 3) \text{ m}^2$$

$$= 201.60 \text{ m}^2$$

Rasio 2P:2P

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

$$\text{Lebar} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak oksik 1} = \sqrt{\text{Luas permukaan bak oksik 1}}$$

$$= \sqrt{201.60 \text{ m}^2}$$

$$= 14 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = \text{Panjang bak oksik 1} \times \text{lebar}$$

$$= 14 \times 2$$

$$= 28 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bak oksik} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah bak oksik 1} = 1 \text{ buah}$$

$$V_{\text{bak oksik 1}} = (Q_p \times \text{HRT rancangan}) / 24$$

$$= (2037.6 \times 4) / 24$$

$$= 345.6 \text{ m}^3$$

$$\text{HRT rancangan oksik 1} = 4 \text{ jam}$$

$$\text{HRT oksik} = (V_{\text{bak oksik 1}} / Q_p) \times 24$$

$$= 345.6 / 2037.6 \times 24 \text{ m}^3$$

$$= 4 \text{ jam}$$

$$\text{SRT oksik} = \text{SRT bak oksik} \times (V_{\text{bak oksik 1}} / V_{\text{total active}})$$

$$= 14 \text{ hari} \times (345.6 / 1444.4) \text{ m}^3$$

$$= 4 \text{ hari}$$

$$\text{SRT nitrit} = \text{SRT oksik, design}$$

$$= 5 \text{ hari}$$

$$F/M = (Q_p \times (\text{Inf BOD} - \text{Eff BOD})) / (\text{MLSS} \times V \text{ oksik total})$$

$$= 2037.6 \times ((128 - 28.34) / (3 \times (604.800)))$$

$$= 95 \text{ kg BOD/kg MLSS}$$

$$V \text{ bak oksik 2} = (Q_p \times \text{HRT oksik2}) / 24$$

$$= (2037.6 \times 3) / 24$$

$$= 259.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas permukaan bak oksik2} = V \text{ bak oksik2} / \text{Tinggi bak}$$

$$= (259.2 / 3) \text{ m}^2$$

$$= 86.4 \text{ m}^2$$

Rasio 2P:2P

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

$$\text{Lebar} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak oksik 1} = \sqrt{\text{Luas permukaan bak oksik 1}}$$

$$= \sqrt{86.4 \text{ m}^2}$$

$$= 9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= \text{Panjang bak oksik 1} \times \text{lebar} \\ &= 9 \times 2 \\ &= 20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bak oksik} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah bak oksik 1} = 1 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} V \text{ oksik 2} / V \text{ oksik} &= (V \text{ bak oksik 2} \times \text{panjang}) / 24 \\ &= (259.2 \times 2) / 24 \\ &= 129.6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HRT oksik 2} &= (V \text{ bak oksik 2} / Q_p) \times 24 \\ &= 259.2 / 2037.6 \times 24 \\ &= 3 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SRT oksik} &= \text{SRT bak oksik} \times (V \text{ bak oksik} / V_{\text{total active}}) \\ &= 14 \text{ hari} \times (345.6 + 259.2 / 1209.6) \text{ m}^3 \\ &= 7 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ oksik 1} &= (V \text{ bak oksik 1} / \text{HRT1}) / 24 \\ &= (345.6 / 4) / 24 \\ &= 3.6 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ oksik 2} &= (V \text{ bak oksik 2} / \text{HRT1}) / 24 \\ &= (259.2 / 3) / 24 \\ &= 3.6 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{oksik}} &= Q_p + RAS + ILMR_{\text{nitrate}} \\
 &= 2037.6 + 2018 + 3757.77 \\
 &= 7939.59 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{oksik}}(\text{velocity}) &= Q_{\text{oksik}} / (\text{luas permukaan bak oksik 1} + \\
 &\quad \text{luas permukaan bak oksik 2}) \\
 &= 7939.59 / (201.6 + 86.4) \\
 &= 27.568 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

$$NO_3\text{-N}_{\text{eff}} = 6.77 \text{ mg/l}$$

$$NO_3\text{-N}_{\text{oksik}} = 8.6 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned}
 IMLR_{\text{nitrat}} : Q &= NO_3 - N_{\text{oksik}} / (NO_3 - N_{\text{eff}} - 1 - RAS : Q) \\
 &= 8.6 / (6.77 - 1 - 1.02) \\
 &= 1.81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IMLR_{\text{nitrat}} &= Q_p \times IMLR_{\text{nitrat}} : Q \\
 &= 2037.6 \times 1.81
 \end{aligned}$$

$$= 3757.77 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 NO_3\text{-N}_{\text{oksik, load}} &= ((RAS + Q_{\text{oksik}}) \times 1000) \times NO_3 - N_{\text{eff}} \\
 &= ((2108.22 + 7939.59) \times 1000) \times 6.77 \\
 &= 68023635.145 \text{ mg /hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F/M_b &= ((Q_p \times 1000) \times cBOD_{\text{eff}}) / ((V_{\text{oksik, active}} \times 1000) \times X_e) \\
 &= ((2037.6 \times 1000) \times 128) / ((604.8 \times 1000) \times 644)
 \end{aligned}$$

$$= 0.681 \text{ mg cBOD} / \text{mg VSS hari}$$

$$\text{sCOD:COD} = 0.81$$

$$\text{SDNR b} = 0.81 \text{ mg NO}_3 - \text{N/mg VSS hari}$$

$$\begin{aligned} \text{SDNR T} &= \text{SSDNR b} \times \theta - K_n \\ &= 0.18 \times 1.026 \\ &= 0.185 \text{ mg NO}_3 - \text{N/mg VSS hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SDN adjust} &= [1 - F/M \text{ b} - 0.0078] \\ &= [1 - 0.681 - 0.0078] \\ &= 0.31 \text{ mg NO}_3 - \text{N/mg VSS hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_r &= \text{Voksik,active} \times 1000 \times \text{SDN adjust} \times X_e \\ &= 604.8 \times 1000 \times 0.31 \times 644 \\ &= 121285577.50 \text{ mg NO}_3 - \text{N/mg VSS hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HRT Total} &= (\text{Voksik,max} / Q_p) \times 24 \text{ m}^3 \\ &= 604.8 \text{ m}^3 / 2037.6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 24 \text{ m}^3 \\ &= 7 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\text{SRT} = 14 \text{ Hari}$$

#### Heterotrof Kinectin Parameters & Design

$$\mu_m = 7.8 \text{ g VSS/g VSS hari}$$

$$K_s = 30 \text{ gbCOD/m}^3$$

$$K_d = 0.16 \text{ g VSS/g VSS hari}$$



$$Y = 0.35 \text{ gVSS/ gbCOD/m}^3$$

$$\theta\text{-}\mu\text{m} = 1.08$$

$$\theta\text{-ks} = 1$$

$$\theta\text{-kd} = 1.06$$

$$F_d = 0.15$$

$$c\text{BOD eff.lim} = 30 \text{ mg/l}$$

$$c\text{BOD inf} = 128 \text{ mg/l}$$

$$b\text{COD eff,lim} = 100 \text{ mg/l}$$

$$b\text{COD inf} = 250 \text{ mg/l}$$

$$b\text{COD eff.calc} = \frac{(k_s \times (1 + (k_d \times SRT_{\text{oksik, theoretical}})))}{(SRT_{\text{oksik, theoretical}} \times (\mu\text{m} - k_d) - 1)}$$

$$= \frac{(30 \times (1 + 0.16 \times 5))}{(5 \times (7.8 - 0.16) - 1)}$$

$$= 1.5 \text{ mg/l}$$

$$P_x, \text{ VSS, heterotrof} = \frac{((Q_p \times 1000) \times Y \times (b\text{COD}_{\text{inf}} - b\text{COD}_{\text{eff, calc}}))}{(1 + (k_d \times SRT))}$$

$$= \frac{((2037.6 \times 1000) \times 0.35 \times (250 - 1.5))}{(1 + (0.16 \times 14))}$$

$$= 55675005 \text{ mgVSS/hari}$$

$$P_x, \text{ VSS, debris} = \frac{(f_d \times k_d \times (Q_p \times 1000) \times Y \times (b\text{COD}_{\text{inf}} - b\text{COD}_{\text{eff, calc}}) \times SRT)}{(1 + (k_d \times SRT))}$$

$$= \frac{(0.15 \times 0.16 \times (2037.6 \times 1000) \times 0.35 \times (250 - 1.5) \times 14)}{(1 + (0.16 \times 14))}$$

$$= 18706802 \text{ mg VSS/hari}$$

$$\text{nb VSS inf} = 17.84 \text{ mg/l}$$

$$\text{iTSS inf} = 42.3 \text{ mg/l}$$

$$\text{Px, nbVSS} = (Qp \times 1000) \times \text{nb VSS inf}$$

$$= (2037.6 \times 1000) \times 17.84$$

$$= 37003309 \text{ mgVSS/hari}$$

$$\text{Px,iTSS} = (Qp \times 1000) \times \text{iTSS inf}$$

$$= (2037.6 \times 1000) \times 42.3$$

$$= 877713290 \text{ mg TSS/hari}$$

#### Nitrifier Kinetic Parameters & Design

$$\mu_{mn} = 0.75 \text{ mg VSS/mg VSS hari}$$

$$K_n = 0.74 \text{ mgNH}_4 - \text{N/l}$$

$$K_{dn} = 0.08 \text{ mg VSS/mg VSS hari}$$

$$Y_n = 0.12 \text{ mg VSS/mg NH}_3 - \text{N}$$

$$\theta - \mu_{mn} = 1.070$$

$$\theta - K_n = 1053$$

$$\theta - K_{dn} = 1040$$

$$\text{NH}_3\text{-N eff} = 17.44 \text{ mg/l}$$

$$\text{TKN inf} = 32.5 \text{ mg/l}$$

$$\text{NO}_3\text{-N edff assumed} = 80\% \times \text{TKN inf}$$

$$= 80\% \times 32.5 \text{ mg/l}$$

$$= 26 \text{ mg/l}$$

$$K_o = 0.5 \text{ mg/l}$$

$$\text{DO} = 1 \text{ mg/l}$$

$$\mu_n = \frac{(\mu_{mn} \times \text{NH}_3 - \text{Neff})}{(k_n + \text{NH}_3 - \text{Neff})} \times \frac{\text{DO}}{(K_o + \text{DO})} - k_{dn}$$

$$= \frac{(0.75 \times 17.44)}{(0.74 + 17.44)} \times \frac{1}{(0.5 + 1)} - 0.08$$

$$= 0.4 \text{ mg VSS/mg VSS hari}$$

$$\text{SRT oksik, theoretical} = 1/\mu_n$$

$$= 1/0.4$$

$$= 2.502 \text{ hari}$$

$$\text{FS nitrification} = 2$$

$$\text{SRT oksik, design} = \text{FS nitrification} \times \text{SRT oksik, theoretical}$$

$$= 2 \times 2.502$$

$$= 5 \text{ hari}$$

$$P_x, \text{VSS} = \frac{(Q_p \times Y_n \times \text{NO}_3 - \text{N eff. assumed})}{(1 + k_{dn} \times \text{SRT})}$$

$$= \frac{(2037.6 \times 0.12 \times 26)}{(1 + 0.08 \times 14)}$$

$$= 3051.71 \text{ mg VSS/hari}$$

### Oxygen & Alkalinity Consumption by Nitrification

$$R_o = 1 \text{ mg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_3\text{-N oksik} &= (TKN_{inf} - NH_3 - N_{eff}) - ((0.12 \times Px, VSS)/(Qp \times 1000)) \\ &= 32.5 - 17.44 - ((0.12 \times 133009367)/(2476.1 \times 1000)) \\ &= 8.6 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_3\text{-N oksik, mass} &= (Qp \times 1000) \times \text{NO}_3 - N \text{ oksik} \\ &= (2037.6 \times 1000) \times 8.6 \\ &= 17861836 \text{ mg/hari} \end{aligned}$$

$$(\text{CaCO}_3 : \text{NH}_3\text{-N}) \text{ factor} = 7.07 \text{ mg CaCO}_3 / \text{mg NH}_3 - N$$

$$\begin{aligned} \text{Alk USED} &= \text{NO}_3 - N \text{ oksik, mass} / (\text{CaCO}_3 : \text{NH}_3 - N) \text{ factor} \\ &= 17861836 \text{ mg/hari} / 7.07 \text{ mg CaCO}_3 / \text{mg NH}_3 - N \\ &= 226426.57 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

### Return Activated Sludge

$$\begin{aligned} \text{RAS:Q} &= [((1 - HRT_{oksik} / (SRT_{oksik} \times 24)) / ((TSS / X TSS 2456) - 1))] \\ &= [((1 - 7 / (7 \times 24)) / ((141 / x 2456) - 1))] \\ &= 1.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RAS} &= (Qp \times \text{RAS:Q}) \\ &= 2037.6 \times 1.02 \\ &= 2108.22 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{TSS RAS} = 141 \text{ mg/l}$$

$$\text{VSS RAS} = 141 \times 0.85$$

$$= 119.85 \text{ mg/l}$$

$$\text{X RAS} = \text{VSS RAS} \times (\text{Xe} \times \text{X VSS})$$

$$= 119.85 \text{ mg/l} \times (644 \text{ mg/l} \times 1289 \text{ mg/l})$$

$$= 60 \text{ mg/l}$$

Waste Activated Sludge

$$Q_w = (P_x, \text{TSS} \times \text{TSS was}) / 1000$$

$$= (253423119 \times 2108.22) / 1000$$

$$= 1505.16 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{TSS was} = 141 \text{ mg/l}$$

$$\text{VSS was} = 119.85 \text{ mg/l}$$

Perhitungan Total Oksigen

Kebutuhan oksigen ( $\text{O}_2$ )

$$= Q \times \left( \frac{(\text{BOD influent} - \text{BOD effluent}) \times 0.001}{0.68} \right) - (1.42 \times P_x)$$

$$= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times \left( \frac{(128 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 35.533 \frac{\text{mg}}{\text{L}}) \times 0.001}{0.68} \right) - (1.42 \times 55.67 \text{ kg VSS/hari})$$

$$= 86.81 \text{ kg O}_2/\text{hari}$$

Berikut merupakan hasil simulasi konsentrasi parameter Amoniak, Nitrat, Posfat pada *software* selama 48 jam

Date and time (dd/mm/yyyy)	Elapsed time (h)	Stage	NH3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	PO4 (mg/l)
30/03/2022	0	1	0	0	0
30/03/2022	0	2	0	0	0
30/03/2022	0	3	0	0	0
30/03/2022	0	4	0	0	0
30/03/2022	0	5	0	0	0
30/03/2022	1	1	17	6.4	3.5
30/03/2022	1	2	12.1	4.7	2.5
30/03/2022	1	3	6.9	2.8	1.4
30/03/2022	1	4	3.1	1.5	0.7
30/03/2022	1	5	1.1	0.7	0.3
30/03/2022	2	1	18.8	7.2	3.9
30/03/2022	2	2	17	6.8	3.6
30/03/2022	2	3	13.9	5.8	2.9
30/03/2022	2	4	10	4.3	2.1
30/03/2022	2	5	6.2	3	1.4
30/03/2022	3	1	19.1	7.3	3.9
30/03/2022	3	2	18.4	7.5	3.9
30/03/2022	3	3	17.1	7.3	3.6
30/03/2022	3	4	14.9	6.6	3.2
30/03/2022	3	5	11.9	5.5	2.6
30/03/2022	4	1	19.1	7.4	4
30/03/2022	4	2	18.7	7.7	3.9
30/03/2022	4	3	18	7.8	3.9
30/03/2022	4	4	17	7.8	3.7
30/03/2022	4	5	15.3	7.3	3.4
30/03/2022	5	1	19.1	7.4	4
30/03/2022	5	2	18.7	7.7	4
30/03/2022	5	3	18.3	8	3.9
30/03/2022	5	4	17.7	8.2	3.9
30/03/2022	5	5	16.8	8.2	3.7
30/03/2022	6	1	19.1	7.4	4
30/03/2022	6	2	18.7	7.7	4
30/03/2022	6	3	18.4	8.1	4
30/03/2022	6	4	17.9	8.4	3.9
30/03/2022	6	5	17.4	8.6	3.9
30/03/2022	7	1	19.1	7.3	4
30/03/2022	7	2	18.8	7.7	4
30/03/2022	7	3	18.4	8.1	4

30/03/2022	7	4	18	8.5	4
30/03/2022	7	5	17.6	8.8	3.9
30/03/2022	8	1	19.1	7.3	3.9
30/03/2022	8	2	18.8	7.7	4
30/03/2022	8	3	18.4	8	4
30/03/2022	8	4	18	8.4	4
30/03/2022	8	5	17.6	8.8	4
30/03/2022	9	1	19.1	7.3	3.9
30/03/2022	9	2	18.8	7.6	3.9
30/03/2022	9	3	18.4	8	3.9
30/03/2022	9	4	18.1	8.4	4
30/03/2022	9	5	17.7	8.8	4
30/03/2022	10	1	19.1	7.3	3.9
30/03/2022	10	2	18.8	7.6	3.9
30/03/2022	10	3	18.5	7.9	3.9
30/03/2022	10	4	18.1	8.3	3.9
30/03/2022	10	5	17.8	8.7	3.9
30/03/2022	11	1	19.1	7.3	3.9
30/03/2022	11	2	18.8	7.6	3.9
30/03/2022	11	3	18.5	7.9	3.9
30/03/2022	11	4	18.1	8.2	3.9
30/03/2022	11	5	17.8	8.6	3.9
30/03/2022	12	1	19	7.2	3.9
30/03/2022	12	2	18.8	7.5	3.9
30/03/2022	12	3	18.5	7.9	3.9
30/03/2022	12	4	18.2	8.2	3.9
30/03/2022	12	5	17.8	8.5	3.9
30/03/2022	13	1	19	7.2	3.9
30/03/2022	13	2	18.7	7.5	3.9
30/03/2022	13	3	18.5	7.8	3.9
30/03/2022	13	4	18.2	8.1	3.9
30/03/2022	13	5	17.9	8.5	3.9
30/03/2022	14	1	19	7.2	3.9
30/03/2022	14	2	18.7	7.5	3.9
30/03/2022	14	3	18.4	7.8	3.9
30/03/2022	14	4	18.2	8.1	3.9
30/03/2022	14	5	17.9	8.4	3.9
30/03/2022	15	1	19	7.2	3.9
30/03/2022	15	2	18.7	7.5	3.9
30/03/2022	15	3	18.4	7.8	3.9

30/03/2022	15	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	15	5	17.9	8.4	3.9
30/03/2022	16	1	18.9	7.2	3.9
30/03/2022	16	2	18.7	7.5	3.9
30/03/2022	16	3	18.4	7.8	3.9
30/03/2022	16	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	16	5	17.8	8.4	3.9
30/03/2022	17	1	18.9	7.2	3.9
30/03/2022	17	2	18.7	7.5	3.9
30/03/2022	17	3	18.4	7.8	3.9
30/03/2022	17	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	17	5	17.8	8.4	3.9
30/03/2022	18	1	18.9	7.2	3.9
30/03/2022	18	2	18.6	7.5	3.9
30/03/2022	18	3	18.4	7.8	3.9
30/03/2022	18	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	18	5	17.8	8.4	3.9
30/03/2022	19	1	18.9	7.2	3.9
30/03/2022	19	2	18.6	7.5	3.9
30/03/2022	19	3	18.3	7.8	3.9
30/03/2022	19	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	19	5	17.8	8.4	3.9
30/03/2022	20	1	18.9	7.3	3.9
30/03/2022	20	2	18.6	7.5	3.9
30/03/2022	20	3	18.3	7.8	3.9
30/03/2022	20	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	20	5	17.8	8.4	3.9
30/03/2022	21	1	18.9	7.3	3.9
30/03/2022	21	2	18.6	7.5	3.9
30/03/2022	21	3	18.3	7.8	3.9
30/03/2022	21	4	18	8.1	3.9
30/03/2022	21	5	17.8	8.4	3.9
30/03/2022	22	1	18.9	7.3	3.9
30/03/2022	22	2	18.6	7.5	3.9
30/03/2022	22	3	18.3	7.8	3.9
30/03/2022	22	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	22	5	17.8	8.4	3.9
30/03/2022	23	1	18.9	7.3	3.9
30/03/2022	23	2	18.6	7.5	3.9
30/03/2022	23	3	18.4	7.8	3.9



30/03/2022	23	4	18.1	8.1	3.9
30/03/2022	23	5	17.8	8.4	3.9
31/03/2022	24	1	18.9	7.3	3.9
31/03/2022	24	2	18.7	7.5	3.9
31/03/2022	24	3	18.4	7.8	3.9
31/03/2022	24	4	18.1	8.1	3.9
31/03/2022	24	5	17.8	8.4	3.9
31/03/2022	25	1	18.9	7.3	3.9
31/03/2022	25	2	18.7	7.6	3.9
31/03/2022	25	3	18.4	7.8	3.9
31/03/2022	25	4	18.1	8.1	3.9
31/03/2022	25	5	17.8	8.4	3.9
31/03/2022	26	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	26	2	18.7	7.6	3.9
31/03/2022	26	3	18.4	7.8	3.9
31/03/2022	26	4	18.1	8.1	3.9
31/03/2022	26	5	17.8	8.4	3.9
31/03/2022	27	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	27	2	18.7	7.6	3.9
31/03/2022	27	3	18.4	7.8	3.9
31/03/2022	27	4	18.1	8.1	3.9
31/03/2022	27	5	17.8	8.4	3.9
31/03/2022	28	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	28	2	18.7	7.6	3.9
31/03/2022	28	3	18.4	7.8	3.9
31/03/2022	28	4	18.2	8.1	3.9
31/03/2022	28	5	17.9	8.4	3.9
31/03/2022	29	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	29	2	18.7	7.6	3.9
31/03/2022	29	3	18.5	7.8	3.9
31/03/2022	29	4	18.2	8.1	3.9
31/03/2022	29	5	17.9	8.4	3.9
31/03/2022	30	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	30	2	18.7	7.6	3.9
31/03/2022	30	3	18.5	7.8	3.9
31/03/2022	30	4	18.2	8.1	3.9
31/03/2022	30	5	17.9	8.4	3.9
31/03/2022	31	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	31	2	18.8	7.6	3.9
31/03/2022	31	3	18.5	7.8	3.9

31/03/2022	31	4	18.2	8.1	3.9
31/03/2022	31	5	17.9	8.4	3.9
31/03/2022	32	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	32	2	18.8	7.6	3.9
31/03/2022	32	3	18.5	7.8	3.9
31/03/2022	32	4	18.3	8.1	3.9
31/03/2022	32	5	18	8.3	3.9
31/03/2022	33	1	19	7.3	3.9
31/03/2022	33	2	18.8	7.6	3.9
31/03/2022	33	3	18.5	7.8	3.9
31/03/2022	33	4	18.3	8.1	3.9
31/03/2022	33	5	18	8.3	3.9
31/03/2022	34	1	19.1	7.3	3.9
31/03/2022	34	2	18.8	7.5	3.9
31/03/2022	34	3	18.6	7.8	3.9
31/03/2022	34	4	18.3	8	3.9
31/03/2022	34	5	18	8.3	3.9
31/03/2022	35	1	19.1	7.3	3.9
31/03/2022	35	2	18.8	7.5	3.9
31/03/2022	35	3	18.6	7.8	3.9
31/03/2022	35	4	18.3	8	3.9
31/03/2022	35	5	18.1	8.3	3.9
31/03/2022	36	1	19.1	7.3	3.9
31/03/2022	36	2	18.9	7.5	3.9
31/03/2022	36	3	18.6	7.8	3.9
31/03/2022	36	4	18.4	8	3.9
31/03/2022	36	5	18.1	8.3	3.9
31/03/2022	37	1	19.1	7.3	3.9
31/03/2022	37	2	18.9	7.5	3.9
31/03/2022	37	3	18.6	7.8	3.9
31/03/2022	37	4	18.4	8	3.9
31/03/2022	37	5	18.1	8.3	3.9
31/03/2022	38	1	19.1	7.3	3.9
31/03/2022	38	2	18.9	7.5	3.9
31/03/2022	38	3	18.7	7.8	3.9
31/03/2022	38	4	18.4	8	3.9
31/03/2022	38	5	18.1	8.3	3.9
31/03/2022	39	1	19.1	7.3	3.9
31/03/2022	39	2	18.9	7.5	3.9
31/03/2022	39	3	18.7	7.7	3.9

31/03/2022	39	4	18.4	8	3.9
31/03/2022	39	5	18.2	8.2	3.9
31/03/2022	40	1	19.1	7.3	3.9
31/03/2022	40	2	18.9	7.5	3.9
31/03/2022	40	3	18.7	7.7	3.9
31/03/2022	40	4	18.5	8	3.9
31/03/2022	40	5	18.2	8.2	3.9
31/03/2022	41	1	19.1	7.3	4
31/03/2022	41	2	18.9	7.5	3.9
31/03/2022	41	3	18.7	7.7	3.9
31/03/2022	41	4	18.5	7.9	3.9
31/03/2022	41	5	18.2	8.2	3.9
31/03/2022	42	1	19.1	7.3	4
31/03/2022	42	2	18.9	7.5	4
31/03/2022	42	3	18.7	7.7	4
31/03/2022	42	4	18.5	7.9	3.9
31/03/2022	42	5	18.2	8.2	3.9
31/03/2022	43	1	19.2	7.3	4
31/03/2022	43	2	19	7.5	4
31/03/2022	43	3	18.7	7.7	4
31/03/2022	43	4	18.5	7.9	4
31/03/2022	43	5	18.3	8.2	4
31/03/2022	44	1	19.2	7.3	4
31/03/2022	44	2	19	7.5	4
31/03/2022	44	3	18.8	7.7	4

الجامعة الإسلامية العالمية  
 الجامعة الإسلامية العالمية  
 الجامعة الإسلامية العالمية

31/03/2022	44	4	18.6	7.9	4
31/03/2022	44	5	18.3	8.1	4
31/03/2022	45	1	19.2	7.3	4
31/03/2022	45	2	19	7.5	4
31/03/2022	45	3	18.8	7.7	4
31/03/2022	45	4	18.6	7.9	4
31/03/2022	45	5	18.3	8.1	4
31/03/2022	46	1	19.2	7.3	4
31/03/2022	46	2	19	7.5	4
31/03/2022	46	3	18.8	7.6	4
31/03/2022	46	4	18.6	7.8	4
31/03/2022	46	5	18.4	8.1	4
31/03/2022	47	1	19.2	7.3	4
31/03/2022	47	2	19	7.4	4
31/03/2022	47	3	18.8	7.6	4
31/03/2022	47	4	18.6	7.8	4
31/03/2022	47	5	18.4	8.1	4



	Elapsed time (h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Phosphate (mg/l)	Total P (mg/l)	Total N (mg/l)
30/03/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/03/2022	1	2830.23	53.47	53.47	1.13	0.66	0.27	0.27	1.79
30/03/2022	2	2153.27	66.77	66.77	6.23	2.97	1.37	1.37	9.2
30/03/2022	3	1437.95	85.3	85.3	11.93	5.5	2.6	2.6	17.43
30/03/2022	4	1023.1	100.13	100.13	15.35	7.29	3.38	3.38	22.63
30/03/2022	5	862.06	108.84	108.84	16.84	8.24	3.75	3.75	25.08
30/03/2022	6	827.4	112.92	112.92	17.37	8.65	3.89	3.89	26.02
30/03/2022	7	838.66	114.45	114.45	17.55	8.79	3.94	3.94	26.34
30/03/2022	8	861.38	114.84	114.84	17.63	8.8	3.95	3.95	26.44
30/03/2022	9	884.06	114.77	114.77	17.69	8.75	3.95	3.95	26.45
30/03/2022	10	903.86	114.55	114.55	17.75	8.68	3.95	3.95	26.43
30/03/2022	11	920.48	114.27	114.27	17.8	8.6	3.95	3.95	26.41
30/03/2022	12	934.18	113.95	113.95	17.84	8.53	3.94	3.94	26.37
30/03/2022	13	945.32	113.61	113.61	17.86	8.48	3.94	3.94	26.34
30/03/2022	14	954.29	113.28	113.28	17.86	8.44	3.93	3.93	26.3
30/03/2022	15	961.43	112.97	112.97	17.85	8.42	3.93	3.93	26.27
30/03/2022	16	966.76	112.71	112.71	17.83	8.41	3.92	3.92	26.24
30/03/2022	17	970.11	112.52	112.52	17.81	8.41	3.92	3.92	26.21
30/03/2022	18	971.39	112.44	112.44	17.78	8.41	3.91	3.91	26.19
30/03/2022	19	970.84	112.5	112.5	17.77	8.41	3.91	3.91	26.18
30/03/2022	20	968.92	112.74	112.74	17.76	8.41	3.91	3.91	26.17

30/03/2022	21	966.14	113.17	113.17	17.75	8.41	3.91	3.91	26.17
30/03/2022	22	962.89	113.83	113.83	17.76	8.41	3.91	3.91	26.17
30/03/2022	23	959.46	114.74	114.74	17.76	8.41	3.91	3.91	26.17
31/03/2022	24	955.97	115.94	115.94	17.78	8.41	3.91	3.91	26.18
31/03/2022	25	952.47	117.46	117.46	17.8	8.4	3.91	3.91	26.2
31/03/2022	26	948.94	119.31	119.31	17.81	8.4	3.92	3.92	26.21
31/03/2022	27	945.35	121.49	121.49	17.83	8.39	3.92	3.92	26.23
31/03/2022	28	941.56	124	124	17.86	8.39	3.92	3.92	26.24
31/03/2022	29	936.59	126.69	126.69	17.88	8.38	3.92	3.92	26.26
31/03/2022	30	929.35	129.41	129.41	17.91	8.37	3.93	3.93	26.28
31/03/2022	31	919.82	132.05	132.05	17.94	8.36	3.93	3.93	26.3
31/03/2022	32	908.84	134.61	134.61	17.97	8.34	3.93	3.93	26.31
31/03/2022	33	897.28	137.15	137.15	18	8.33	3.93	3.93	26.33
31/03/2022	34	885.76	139.7	139.7	18.03	8.31	3.94	3.94	26.34
31/03/2022	35	874.57	142.27	142.27	18.06	8.3	3.94	3.94	26.36
31/03/2022	36	863.82	144.86	144.86	18.08	8.29	3.94	3.94	26.37
31/03/2022	37	853.52	147.48	147.48	18.11	8.27	3.94	3.94	26.38
31/03/2022	38	843.63	150.11	150.11	18.13	8.26	3.94	3.94	26.39
31/03/2022	39	834.13	152.75	152.75	18.16	8.24	3.95	3.95	26.4
31/03/2022	40	824.98	155.39	155.39	18.19	8.23	3.95	3.95	26.41
31/03/2022	41	816.16	158.03	158.03	18.21	8.21	3.95	3.95	26.42
31/03/2022	42	807.66	160.66	160.66	18.24	8.19	3.95	3.95	26.43
31/03/2022	43	799.44	163.29	163.29	18.27	8.17	3.95	3.95	26.43
31/03/2022	44	791.51	165.91	165.91	18.29	8.15	3.95	3.95	26.44

31/03/2022	45	783.85	168.53	168.53	18.32	8.12	3.95	3.95	26.45
31/03/2022	46	776.44	171.14	171.14	18.35	8.1	3.95	3.95	26.45
31/03/2022	47	769.28	173.74	173.74	18.38	8.07	3.95	3.95	26.45



الجامعة الإسلامية  
الاستد بالاندو

C. Tertiary treatmentp

1. *Secondary Clarifier*

Tabel II.5 Kriteria Desain *Secondary Clarifier*

Parameter	Besar Nilai Kriteria	Sumber
Overflow Rate (OR) (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hari)	12 - 32	Metcalf & Eddy, 1991
Solid Loading (kg/m <sup>2</sup> hari)	15 - 50	Qasim, 1985
Radius (m)	3 - 60	Qasim, 1985
Kedalaman Bak (m)	3,5 - 5,0	Metcalf & Eddy, 1991

a. Data Perencanaan:

- a. Jumlah unit = 1 buah
- b. Debit = 0.024 m<sup>3</sup>/s  
= 2037.26m<sup>3</sup>/hari
- c. Volume lumpur rata-rata = 2037.30 m<sup>3</sup>/hari (WAS BNR)
- d. Rasio resirkulasi = 125
- e. MLSS = 3000 mg/L = 3 kg/L
- f. Kedalaman bak = 3 m
- g. Waktu detensi (dt) = 2 jam

b. Perhitungan:

- a. Limiting Solid – Loading Rate (SF)

$$= 100 \text{ kg/m}^2$$

- b. Luas permukaan bak (A bak)

$$= \frac{Q \times MLSS}{SF}$$

$$= \frac{2037.26 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \frac{\text{kg}}{\text{L}}}{100 \text{ kg/m}^2}$$

$$= 61.12 \text{ m}^2$$

- c. Diameter bak (Dbak)

$$= \sqrt{\frac{A \text{ bak} \times 4}{3.14}}$$



$$= \sqrt{\frac{61.12 \text{ m}^2 \times 4}{3.14}}$$

$$= 8.824 \text{ m}$$

d. Luas bak actual

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times D_{\text{bak}}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (8.824 \text{ m})^2$$

$$= 61.12 \text{ m}^2$$

e. Overflow rate (OR)

$$= \frac{Q}{A_{\text{bak}}}$$

$$= \frac{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}}{61.12 \text{ m}^2}$$

$$= 33.33 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

f. Volume clarifier

$$= 0.25 \times 3.14 \times (A_{\text{bak}})^2 \times \text{Kedalaman bak}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times (61.12 \text{ m}^2)^2 \times 3 \text{ m}$$

$$= 213.91 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari}$$

g. Waktu detensi (dt)

$$= \frac{\text{Volume clarifier}}{Q} \times 24 \text{ jam}$$

$$= \frac{213.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \text{hari}}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 2.52 \text{ jam}$$

## 2. Chlorination

Berikut adalah perhitungan bak klorinasi, antara lain sebagai berikut:

Tabel II.6 Kriteria Desain Unit *Chlorination*

KRITERIA DESAIN		
Parameter	Besar Nilai Kriteria	Sumber
pH optimum	6 - 7	Priyanka, 2012
Aliran Merata		
Dosis desinfeksi (mg/L)	2 - 8	
Waktu kontak (menit)	15 - 45	

Kadar klor dalam kaporit	70%	
Berat jenis kaporit ( $\rho$ ) (kg/L)	0.8 - 0.88	

1. Perhitungan Bak Klorinasi

b. Menghitung bak pengendapan akhir

$$\text{Debit puncak } Q_p = 0.024 \text{ m}^3/\text{detik} = 2037.26 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Dosis yang diberikan} = 2 \text{ mg/L} = 0.002 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan klor} &= \text{debit} \times \text{dosis klor} \\ &= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.002 \text{ kg/m}^3 \\ &= 4.07 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan kaporit dalam larutan

$$\begin{aligned} &= \text{berat klor} \times \text{kadar klor} \\ &= 4.07 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0.7 \\ &= 2.85 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

d. Dimensi bak kontak

a. Memilih susunan ruang dan dimensi

Ruang kontak klorinasi yang direncanakan memiliki tiga putaran keliling susunan baffle dengan dimensi dan pengaturannya berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{bak}} &= Q \times t \\ &= 84.89 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0.5 \\ &= 42.44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi yang direncanakan

Lebar	= 2.66 m
Panjang	= 5.32 m
Kedalaman total	= 3 m
Tinggi jagaan	= 0.5 m
Luas permukaan	= $V_{\text{bak}} / \text{kedalaman}$
	= $42.44 \text{ m}^3 / 0.3 \text{ m}$
	= $14.148 \text{ m}^2$

e. Menghitung ruang kontak pada  $Q_{\text{peak}}$

$$\begin{aligned}\text{Waktu kontak pada } Q_{\text{peak}} (t) &= V_{\text{bak}} / Q_{\text{p}} \\ &= (2.66 \times 5.32 \times 2.5) \text{ m}^3 / 84.89 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0.42 \text{ jam}\end{aligned}$$