

TA/TL/2022/1572

TUGAS AKHIR

***BIOLOGICAL NUTRIEN REMOVAL DARI IPAL
DOMESTIK MENGGUNAKAN PROSES
ANAEROBIC-OXIC MELALUI PENDEKATAN
MODEL SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE
STOAT***

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



SAGITA YANI CHOLISHOH

18513181

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

2022

TUGAS AKHIR

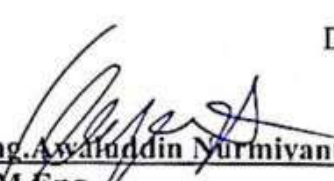
**BIOLOGICAL NUTRIEN REMOVAL DARI IPAL
DOMESTIK MENGGUNAKAN PROSES
ANAEROBIC-OXIC MELALUI PENDEKATAN
MODEL SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE
STOAT**

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




SAGITA YANI CHOLISHOH
18513181

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto,
S.T., M.Eng.

NIK. 095130403

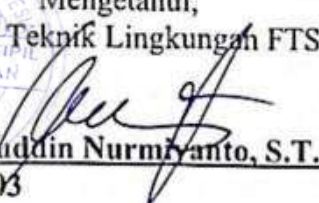
Tanggal: 23/12/2022


Noviani Ima Wanto Putri, S.T., M.T.

NIK. 195130102

Tanggal: 23 Desember 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M. Eng
NIK. 095130403

Tanggal: 23/12/2022

HALAMAN PENGESAHAN

***BIOLOGICAL NUTRIEN REMOVAL DARI IPAL DOMESTIK
MENGUNAKAN PROSES ANAEROBIC-OXIC MELALUI
PENDEKATAN MODEL SIMULASI MENGGUNAKAN
SOFTWARE STOAT***

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Senin

Tanggal: 19 Desember 2022

Disusun Oleh:

**Sagita Yani Cholishoh
18513181**

Tim Penguji:

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng

()

Noviana Ima Wantoputri, S.T., M.T

()

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

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 19 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Sagita Yani Cholishoh

NIM: 18513181



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Simulasi Penyisihan Nutrien Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Melalui Proses Anaerobic-Oxic (AO) Ipal X Menggunakan *Software* STOAT”. Laporan Tugas Akhir ini disusun dalam rangka untuk memenuhi syarat akademik dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat yang diberikan, kemudahan serta kelancaran yang diberikan
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Sugito dan Ibu Sri Murtini serta Kakak penulis Mahendra Ikhsan Priyadi yang senantiasa memberi dukungan kepada penulis dan memberikan do'a agar diberikan kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir ini
3. Bapak Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, serta arahan selama penelitian hingga penyusunan Tugas Akhir ini
4. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang memberikan saran serta masukan dan dukungan kepada penulis
5. Bapak Dr.Eng Joni Aldila Fajri, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada penelitian serta penyusunan Tugas Akhir
6. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan, do'a dan semangat kepada penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Yogyakarta, 19 Desember 2022

Sagita Yani Cholishoh



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

SAGITA YANI CHOLISHOH. *Biological Nutrient Removal* Dari IPAL Domestik Menggunakan Proses *Anaerobic-Oxic* (AO) Melalui Pendekatan Model Simulasi Menggunakan *Software* STOAT. Dibimbing oleh Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng dan Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

Air limbah domestik merupakan air bekas pakai yang sudah tidak dapat dipergunakan lagi, dimana air limbah domestik ini berasal dari rumah tangga atau permukiman yang meliputi air buangan seperti kamar mandi, toilet, tempat cucian atau dari tempat memasak. Air limbah domestik mengandung unsur nutrient yaitu nitrogen dan fosfor yang jika tidak diolah dengan baik dan berada pada badan air maka dapat menyebabkan eutrofikasi. Penelitian ini dilakukan untuk menyisahkan nutrien dengan menggunakan teknologi *Activated Sludge* dan *Activated Sludge* Modifikasi *Anaerobic-Oxic* (AO) dan untuk menilai performa dalam menyisahkan kandungan Total N dan Total P pada air limbah. Kemudian melakukan simulasi dengan menggunakan *software* STOAT versi 5.0, dari hasil performa tersebut kemudian akan dianalisa dengan menggunakan Analisa SWOT. Dari simulasi yang dilakukan, diketahui persentase parameter TN dan TP untuk unit *Activated Sludge* sebesar 25% dan 67%, sedangkan untuk unit *Anaerobic-Oxic* parameter TN dan TP diperoleh sebesar 46% dan 71%. Sehingga unit *Anaerobic-Oxic* lebih baik dalam melakukan penyisihan terhadap kandungan TN dan TP. Hasil analisa SWOT menunjukkan bahwa teknologi lumpur aktif yang dimodifikasi *Anaerobic-Oxic* (AO) memiliki kualitas effluent yang lebih baik dibandingkan dengan *Activated Sludge*.

Kata kunci : *Activated Sludge*, *Anaerobic Oxidation*, Penyisihan Nitrogen dan Fosfor, STOAT

ABSTRACT

SAGITA YANI CHOLISHOH. Biological Nutrient Removal (BNR) From Domestic WWTP Using Anaerobic-Oxic (AO) Process Throught Simulation Model Using Software STOAT. Supervised by S.T., M.Eng and Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

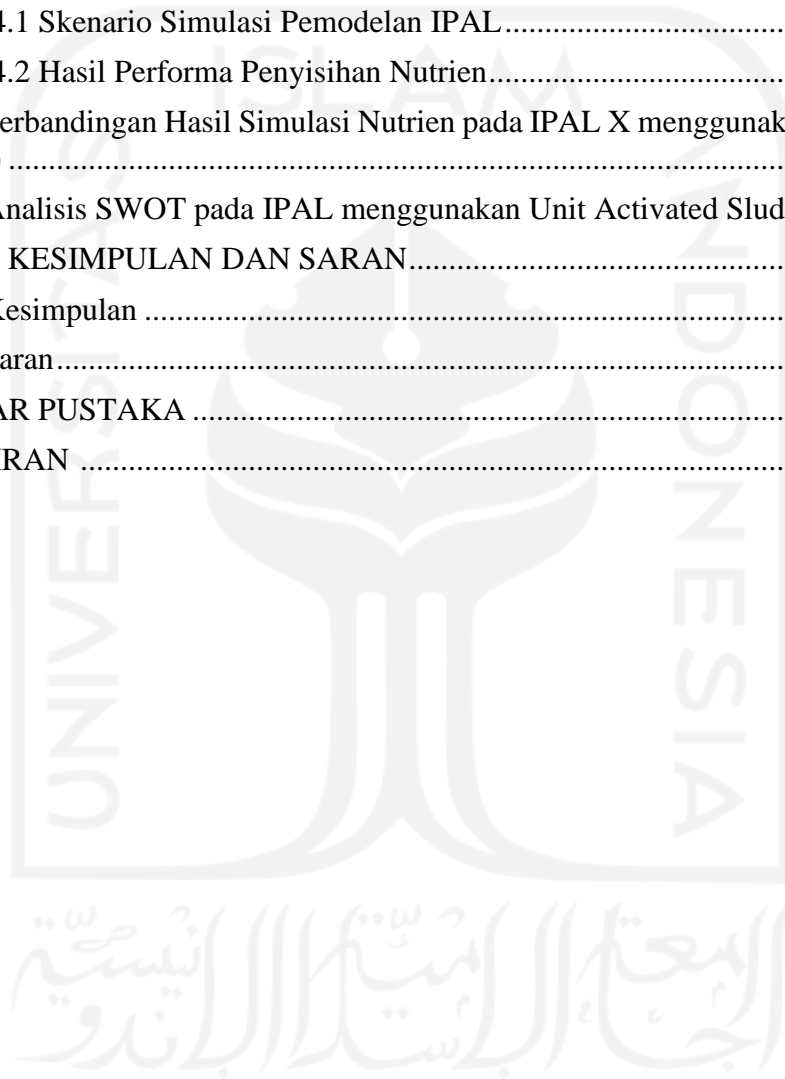
Domestic wastewater is used water that can no longer be used, where this domestic wastewater comes from households or includes waste water such as bathrooms, toilets, laundry or from cooking areas. Domestic wastewater contains nutritional elements, namely nitrogen and phosphorus which if not treated properly and in water bodies can cause eutrophication. This study was carried out to investigate nutrition using Activated Sludge and Anaerobic-Oxic (AO) Modified Activated Sludge technology and to assess performance in Total N and Total P content in wastewater. Then perform a simulation using STOAT software version 5.0, from the performance results will then be analyzed using SWOT analysis. From the simulation, it is known that the percentage of TN and TP parameters for the Activated Sludge unit is 25% and 67%, while for the Anaerobic-Oxic unit the TN and TP parameters are 46% and 71%, respectively. So that the Anaerobic-Oxic unit is better at removing the TN and TP content. The results of the SWOT analysis showed that the Anaerobic-Oxic (AO) modified activated sludge technology had better effluent quality than Activated Sludge.

Keyword: Activated Sludge, Anaerobic Oxic, Nitrogen and Phosphorus Removal, STOAT

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	4
KATA PENGANTAR	8
ABSTRAK.....	10
<i>ABSTRACT</i>	11
DAFTAR ISI.....	12
DAFTAR TABEL.....	15
DAFTAR GAMBAR	16
NOTASI DAN SINGKATAN	21
BAB I PENDAHULUAN	22
1.1 Latar Belakang	22
1.2 Perumusan Masalah	23
1.3 Tujuan Penelitian	23
1.4 Ruang Lingkup.....	24
1.5 Manfaat Penelitian	24
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	25
2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	25
2.1.1 Proses Pengolahan IPAL X.....	26
2.2 Karakteristik Air Limbah	27
2.3 Pemodelan	30
2.4 Lumpur Aktif	30
2.5 Proses Anaerobic Oxic (AO)	31
2.6 Software STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis Over Time)	33
2.7 Penelitian Terdahulu	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Metode Penelitian.....	37
3.2 Tahapan Metode Penelitian.....	39
3.3 Rancangan Perencanaan Unit IPAL.....	40
3.4 Data Input.....	38
3.5 Analisa SWOT	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	47
4.2 Proyeksi Penduduk.....	48

4.2.1 Perbandingan Tiga Metode	50
4.2.2 Proyeksi Perhitungan Maju (Forward Projection)	50
4.3 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	51
4.3.1 Perhitungan Preliminary Treatment	52
4.3.2 Perhitungan Secondary Treatment	55
4.3.3 Perhitungan Tertiary Treatment	60
4.4 Simulasi Pemodelan IPAL Menggunakan Software STOAT	62
4.4.1 Skenario Simulasi Pemodelan IPAL	62
4.4.2 Hasil Performa Penyisihan Nutrien.....	64
4.5 Perbandingan Hasil Simulasi Nutrien pada IPAL X menggunakan (CAS) dan (AO)	73
4.6 Analisis SWOT pada IPAL menggunakan Unit Activated Sludge dan AO	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	87





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Referensi Penelitian Terdahulu	34
Tabel 3.1 Data Input Software STOAT	38
Tabel 3.2 Data Input Influen pada STOAT	39
Tabel 3.3 Data Input Bar Screen pada STOAT	39
Tabel 3.4 Data Input Equalization Tank pada STOAT	39
Tabel 3.5 Data Input Lumpur Aktif pada STOAT	39
Tabel 3.6 Data Input Secondary Clarifier pada STOAT	40
Tabel 3.7 Data Input Chlorination Tank pada STOAT	40
Tabel 3.8 Data Input Unit Bar Screen	41
Tabel 3.9 Data Input Bak Ekualisasi	41
Tabel 3.10 Data Input Bak Lumpur Aktif	42
Tabel 3.11 Data Input Unit Anaerobic-Oxic	42
Tabel 3.12 Data Input Pengendapan Sekunder	43
Tabel 3.13 Data Input Pengendapan Sekunder (Lumpur Aktif)	43
Tabel 3.14 Data Input Klorinasi	44
Tabel 3.16 Matriks SWOT	46
Tabel 4.1 Kualitas Air Limbah Domestik	47
Tabel 4.3 Jumlah Penduduk	49
Tabel 4.4 Perhitungan 3 Metode	50
Tabel 4.5 Kriteria Desain Unit Bar Screen	52
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Unit Bar Screen	53
Tabel 4.7 Kriteria Desain Unit Bak Ekualisasi	54
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Bak Ekualisasi	54
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Pompa Bak Ekualisasi	55
Tabel 4.10 Kriteria Desain Unit Lumpur Aktif (Activated Sludge)	56
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Unit Bak Lumpur Aktif (Activated Sludge)	56
Tabel 4.12 Kriteria Desain Bak Anaerobic-Oxic (AO)	57
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Teknologi Anaerobic-Oxic (AO)	58
Tabel 4.14 Kriteria Desain Bak Secondary Clarifier	59
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Bak Secondary Clarifier	60
Tabel 4.16 Kriteria Desain Unit Bak Klorinasi	60
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Klorinasi	61
Tabel 4.18 Hasil Simulasi pada Skenario 1	68

Tabel 4.19 Hasil Simulasi pada Skenario 2	70
Tabel 4.20 Konsentrasi Mean Minimum Maximum Pada Setiap Stage	71
Tabel 4.21 Perbandingan Hasil Simulasi Pemodelan Skenario 1 dan Skenario 2 .	75
Tabel 4.22 Analisis SWOT Skenario 1	76
Tabel 4.23 Analisis SWOT Skenario 2	77





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Proses Anaerobic-Oxic.....	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2 Layout IPAL Margasari menggunakan Activated Sludge melalui <i>Software</i> STOAT	
Gambar 2.1 Diagram Proses <i>Anaerobic-Oxic</i>	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2 Layout IPAL X menggunakan Activated Sludge melalui <i>Software</i> STOAT	39
Gambar 3.3 Layout IPAL X menggunakan Activated Sludge dengan Modifikasi menggunakan Anaerobic Oxidation melalui <i>Software</i> STOAT.....	40
Gambar 3.4 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen	30
Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan Bak Ekualisasi	31
Gambar 3.6 Diagram Alir Perhitungan Lumpur Aktif.....	32
Gambar 3.7 Diagram Alir Perhitungan Bak Anaerobic	33
Gambar 3.8 Diagram Alir Perhitungan Bak Aerobik Teknologi Anaerobic-Oxidation 35	
Gambar 3.9 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier.....	36
Gambar 3.10 Diagram Alir Perhitungan Klorinasi	37
Gambar 4.1 Perbandingan Proyeksi Penduduk Aritmatik, Geometri dan Least Square.....	49
Gambar 4.4 Proyeksi Penduduk.....	51
Gambar 4.5 Diagram Alir IPAL dengan Menggunakan Activated Sludge	51
Gambar 4.6 Diagram Alir IPAL dengan Menggunakan Anaerobic Oxidation (AO).....	52
Gambar 4.6 Layout Simulasi Pemodelan Skenario 1 pada <i>Software</i> STOAT.....	62
Gambar 4.7 Layout Simulasi Pemodelan Skenario 2 pada <i>Software</i> STOAT.....	63
Gambar 4.8 <i>Influent Profile</i> IPAL X menggunakan <i>Software</i> STOAT versi 5.0.63	
Gambar 4.9 Model Skenario 1 pada <i>Software</i> STOAT	64
Gambar 4.10 Model Skenario 2 pada <i>Software</i> STOAT	65
Gambar 4.11 Tahapan Pengerjaan Model dengan Menggunakan <i>Software</i> STOAT	66
Gambar 4.12 Hasil Simulasi pada Skenario 1 Menggunakan <i>software</i> STOAT ..	67
Gambar 4.13 Grafik Hasil Simulasi Activated Sludge Konvensional	67
Gambar 4.14 Hasil Simulasi pada Skenario 2.....	69
Gambar 4.15 Grafik Hasil Simulasi Teknologi Anaerobic-Oxidation.....	70
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Konsentrasi TN dan TP.....	73

Gambar 4.18 Skema Proses setiap Stage Anaerobic Oxidation73
Gambar 4.19 Perbandingan Hasil Simulasi Skenario 1 dan Skenario 275
Gambar 4.13 Grafik Kuadran Analisa SWOT78



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	871
LAMPIRAN II	817



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan pertumbuhan penduduk yang sangat pesat setiap tahunnya maka akan berpengaruh terhadap penggunaan air bersih serta limbah yang akan dihasilkan, maka dari itu air limbah yang belum terolah dengan baik akan berdampak buruk bagi perairan. Air limbah domestik merupakan air bekas pakai yang sudah tidak dapat dipergunakan lagi, dimana air limbah domestik ini berasal dari rumah tangga atau permukiman yang meliputi air buangan seperti kamar mandi, toilet, tempat cucian atau dari tempat memasak (Sugiharto, 1987). Air limbah domestik terbagi menjadi dua bagian yaitu air limbah domestik dari air cucian seperti sabun deterjen dan sebagainya, minyak dan air limbah domestik yang berasal dari kakus seperti tinja dan air seni (Mukhtasor, 2007). Pengaruh utama limbah organik yang masuk ke dalam badan air yaitu untuk menurunkan kandungan *Dissolved Oxygen* (DO), dan meningkatkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang merupakan parameter utama dalam pencemaran air (Paramita et al., 2012). Pengelolaan air limbah dilakukan berdasarkan bahwa air limbah bukan sebagai masalah yang harus dibuang tetapi sebagai sumber daya yang bervariasi dan jika dikelola dengan benar sehingga dapat digunakan kembali. Maka dari itu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk dapat menyisihkan nutrisi, dimana nutrisi ini dapat terjadi jika masih adanya nitrogen dan fosfor didalamnya yang akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada badan air penerima. Kelebihan nutrisi dalam air limbah akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (Effendi, 2003). Eutrofikasi merupakan pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem air yang mengakibatkan tidak terkontrolnya pertumbuhan yang tumbuh didalam air (Simbolon, 2016). Pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan teknologi lumpur aktif masih menghasilkan konsentrasi nutrisi dalam jumlah yang tinggi maka dari itu diperlukan perencanaan modifikasi dengan teknologi *Anaerobic-Oxic* (AO) sehingga dapat meningkatkan penyisihan konsentrasi TN dan TP.

Pada IPAL X ini akan dilakukan penyisihan nutrien dengan menggunakan proses *Anaerobic Oxic* (AO). Proses *Anaerobic Oxic* merupakan proses yang dapat digunakan untuk industri air limbah yang memiliki kandungan nitrogen yang tinggi sehingga air limbah dapat digunakan kembali. Dalam prosesnya *Anaerobic Oxic* memiliki waktu yang cukup lama untuk menahan lumpur (SRT), sehingga diperlukan waktu untuk memenuhi generasi nitrifikasi dan bakteri denitrifikasi yang dapat menyebabkan waktu hidrolis yang cukup lama (HRT) serta membutuhkan volume reaktor yang besar. Proses *Anaerobic Oxic* ini memiliki kapasitas yang tinggi dalam denitrifikasi dan degradasi zat organik serta biaya yang dibutuhkan untuk konstruksi rendah, Anaerobic dapat mencegah mikroba yang ada pada lumpur dengan cara mendegradasinya yang cukup unik sehingga tingkat degradasi polutan refraktor rendah (Diya'uddeen et al., 2011). Teknologi yang digunakan untuk melakukan penurunan nutrien pada IPAL X ini menggunakan proses lumpur aktif (*activated sludge*).

Berdasarkan permasalahan yang terjadi maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan Simulasi Penyisihan Nutrien pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik melalui Proses *Anaerobic Oxic* dengan menggunakan data influent dan effluent pada IPAL X. Dalam simulasi ini pengolahan air limbah menggunakan *software* STOAT dengan kualitas effluent IPAL X yang dihasilkan akan disesuaikan dengan standar baku mutu PerMen LH Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah dapat diambil sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan perhitungan secara manual pada IPAL X dengan menggunakan unit Lumpur Aktif Konvensional dan *Anaerobic-Oxic* (AO)?
2. Bagaimana penyisihan nutrien pada IPAL X dengan proses *Anaerobic Oxic* (AO) menggunakan *software* STOAT versi 5.0?
3. Bagaimana performa dalam penurunan kadar nutrien dalam proses *Anaerobic Oxic* (AO) pada IPAL X melalui model STOAT versi 5.0?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Melakukan perhitungan manual perencanaan IPAL X sebagai data pendukung pada *software* STOAT versi 5.0
2. Memperoleh hasil simulasi penyisihan nitrogen dan fosfor pada IPAL X dengan menggunakan *Conventional Activated Sludge* (CAS) dan *Anaerobic-Oxic* (AO).
3. Melakukan analisis SWOT untuk mempertimbangkan penerapan proses *Anaerobic-Oxic* (AO) di IPAL X

1.4 Ruang Lingkup

Berikut merupakan ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Data input yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder melalui kajian literatur, modeling dan simulasi proses IPAL menggunakan *software* STOAT versi 5.0
2. Menganalisis pemodelan dengan proses *Anaerobic Oxic* (AO) menggunakan *software* STOAT pada IPAL X
3. Data yang dihasilkan berupa simulasi menggunakan model proses *Anaerobic Oxic* (AO) untuk menyisihkan nutrien yaitu nitrogen dan fosfor pada IPAL X

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi ilmu pengetahuan
Hasil akhir dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi pembelajaran, khususnya pada mata kuliah yang berkaitan dengan IPAL
2. Bagi masyarakat
Dapat digunakan sebagai referensi tambahan mengenai penggunaan simulasi dan performa proses *Anaerobic Oxic* (AO) untuk menyisihkan nutrien pada IPAL dengan menggunakan model *software* STOAT versi 5.0
3. Bagi Pemerintah
Dapat menjadi referensi dalam performa proses *Anaerobic Oxic* untuk penyisihan nutrien pada IPAL dengan menggunakan *software* STOAT versi 5.0

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan limbah domestik (Widiyasari, 2008). Menurut Peraturan Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017, sistem IPAL Domestik adalah serangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dalam satu kesatuan dengan sarana dan prasarana pengelolaan air limbah domestik. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau Wastewater Treatment Plant (WWTP) merupakan suatu bangunan yang dirancang untuk pengelolaan dan pengolahan limbah biologis dan kimiawi sehingga limbah tersebut memenuhi standar baku mutu air limbah (Agung et al., 2018). Tujuan dari pengolahan dan pengelolaan air limbah adalah untuk mengurangi kandungan bahan pencemar dalam air limbah sehingga air limbah dapat memenuhi standar baku mutu dan hasil pengolahan instalasi tersebut dapat langsung dibuang ke saluran irigasi atau ke badan air (sungai).

Air limbah menjadi persoalan kontemporer seiring kepadatan penduduk yang semakin meningkat. Setiap rumah tangga yang tinggal di perkotaan pastilah membutuhkan tempat pembuangan air limbah. Sebagian besar rumah tangga membuang air limbah di sungai, got, selokan, atau badan air lainnya. Air limbah mengandung senyawa-senyawa polutan yang dapat merusak ekosistem air. Air limbah bila tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada (Sugiarto, 2008).

Air limbah domestik merupakan salah satu sumber pencemar terbesar bagi perairan. Tingginya kandungan bahan organik dalam air limbah domestik meningkatkan pencemaran pada badan air penerima. Semakin meningkatnya pencemaran dapat menurunkan derajat kesehatan masyarakat. Menurut Veenstra, (1995) dalam Supradata, (2005) menyatakan bahwa secara prinsip air limbah terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu air limbah yang terdiri dari air buangan tubuh manusia yaitu tinja dan urine (black water) dan air limbah yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (grey water), yang sebagian besar merupakan bahan organik.

2.1.1 Proses Pengolahan IPAL X

Tahapan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah terdiri dari Screening, Equalisasi, Activated Sludge, Klorinasi dan Sedimentasi. Berikut merupakan penjelasan dari proses tahapan pada IPAL yaitu:

1. Screening

Tahap pertama pada pengolahan air limbah adalah penghapusan benda-benda yang mengambang berbentuk besar seperti kain, jagung tongkol, potongan kayu dan partikel mineral berat (pasir dan grit). Hal ini dilakukan untuk mencegah seperti adanya pengumpulan materi pada permukaan kolam stabilitas limbah dan padatan berat memasuki kolam lapisan lumpur kemudian mengambang, dan untuk melindungi dari kerusakan peralatan yang digunakan dalam tahap selanjutnya yaitu pengolahan seperti penggunaan aerator yang mengambang dipinggiran aerasi pompa. Pengolahan awal terdiri dari screening dan grit removal (Duncan Mara, 2004).

2. Equalisasi

Equalisasi merupakan metode yang digunakan untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi debit, untuk meningkatkan kinerja proses akhir, dan untuk mengurangi ukuran dan biaya fasilitas pengokohan di akhir. Bak equalisasi ini dapat mengurangi berbagai variasi debit saat pengolahan untuk mencapai debit konstan atau hampir konstan dan dapat diterapkan dalam beberapa situasi yang berbeda, tergantung karakteristik dari sistemnya (Metcalf dan Eddy, 1991).

3. Activated Sludge

Activated Sludge digunakan untuk menghilangkan limbah organik pada tahap ini

4. Klorinasi

Klorinasi ini bertujuan untuk mengurangi dan membunuh mikroorganisme patogen yang ada didalam air limbah. Sumber klor yang biasa digunakan adalah kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$). Kaporit dapat membunuh mikroorganisme patogen, seperti *Escherichia coli*, *Legionella*, *Pneumophilia*, *Streptococcus*, *Facalis*, *Bacillus*,

Clostridium, Amoeba, Giardia, Cryptosporidium, dan Pseudomonas (Anonim, 2008).

5. Sedimentasi

Sedimentasi digunakan untuk menghilangkan grit, TSS dan cekungan pengendapan primer, penghapusan flog pada proses biologi memerlukan lumpur aktif yang menetap di bak, dan proses kimia penghapusan flog ketika proses koagulasi kimia digunakan (Metcalf dan Eddy, 2003).

2.2 Karakteristik Air Limbah

Air limbah domestik terbagi menjadi dua bagian yaitu air limbah domestik dari air cucian seperti sabun, deterjen, minyak dan lemak serta shampo, dan air limbah domestik yang berasal dari kakus seperti tinja dan air seni (Mukhtasor, 2007). Zat yang terkandung dalam air buangan tersebut berupa unsur organik tersuspensi maupun terlarut, unsur anorganik serta mikroorganisme. Limbah cair domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia dan biologi sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2003) :

1. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika ini terdiri dari beberapa parameter, yaitu diantaranya:

a. Total Solid (TS)

Pasaran terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang dapat larut, mengendap atau tersuspensi. Bahan ini pada akhirnya akan mengendap di dasar air sehingga menimbulkan pendangkalan pada dasar badan air penerima.

b. Total Suspended Solid (TSS)

Merupakan jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

c. Warna

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi sering dengan waktu yang meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

d. Kekkeruhan

Kekkeruhan ini disebabkan oleh zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik, serta menunjukkan sifat optis air yang akan membatasi pencahayaan kedalam air.

e. Temperatur

Merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari.

f. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

2. Karakteristik Kimia

a. Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme didalam air lingkungan untuk memecah atau mendegradasi kan atau mengoksidasi limbah organik yang terdapat di dalam air.

b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. COD dinyatakan dalam ppm (part per million).

c. Protein

Protein merupakan bagian yang penting dari makhluk hidup, termasuk didalamnya tanaman, dan hewan bersel satu. Di dalam limbah cair, protein merupakan unsur penyebab bau, karena adanya proses pembusukan dan penguraian oleh bakteri (Metcalf and Eddy, 2003).

d. Karbohidrat

Karbohidrat antara lain seperti gula, pati, selulosa dan benang-benang kayu terdiri dari unsur C, H, dan O. gula dalam limbah cenderung terdekomposisi oleh enzim dari bakteri-bakteri tertentu dan ragi menghasilkan alkohol dan gas CO₂ melalui proses fermentasi.

e. Minyak dan lemak

Minyak dan lemak merupakan bahan pencemar yang banyak ditemukan di berbagai perairan, salah satu sumber pencemarnya dari agroindustri.

f. Detergen

Deterjen termasuk bahan organik yang sangat banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, hotel, dan rumah sakit. Fungsi utama detergen adalah sebagai pembersih dan pencucian sehingga tanah, lemak dan lainnya dapat dipisahkan.

g. Derajat Keasaman (pH)

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5-7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH dibawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas Ph normal bersifat basa.

h. Nitrogen

Unsur nitrogen dan fosfor sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan prosta karena dikenal sebagai nutrisi atau biostimulants. Kuantitas kecil unsur-unsur lain seperti besi juga diperlukan untuk pertumbuhan biologis. Tetapi nitrogen dan fosfor merupakan nutrisi yang sangat penting, karena nitrogen adalah sebuah unsur pembangun penting dalam sintesis protein, data nitrogen akan dibutuhkan untuk mengevaluasi treatability air limbah dengan proses biologis. Nitrogen yang tidak cukup dapat mengharuskan penambahan nitrogen untuk membuat air dapat diolah (Metcalf & Eddy, 2004).

i. Fosfor

Fosfor juga penting untuk pertumbuhan alga dan organisme biologis lainnya, karena ganggang berbahaya yang terdapat dipermukaan air sehingga terdapat kebutuhan untuk mengendalikan jumlah senyawa fosfor yang memasuki perairan permukaan di pembangunan limbah domestik dan industri serta limpasan alami. Air limbah kota misalnya, terdapat mengandung 4-15 mg/l fosfor dalam bentuk P (Metcalf & Eddy, 2004).

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi ini digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah. Pengolahan air limbah secara biologis dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang melibatkan kegiatan mikroorganisme dalam air menjadi bentuk atau senyawa lain. Mikroorganisme mengkonsumsi bahan-bahan organik membuat biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya (Metcalf and Eddy, 2003).

2.3 Pemodelan

Model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah objek atau situasi aktual (Daellenbach, 1994). Model merupakan alat yang berguna untuk menganalisis maupun merancang sistem. Model didefinisikan sebagai suatu deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja atau komponen-komponen berinteraksi. Dengan membuat model dari suatu sistem maka diharapkan dapat lebih mudah untuk melakukan analisis. Hal ini merupakan prinsip pemodelan, bahwa pemodelan bertujuan untuk mempermudah analisis dan pengembangannya.

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi atau proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Law and Kelton, 1991).

2.4 Lumpur Aktif

Lumpur aktif merupakan massa biologik kompleks yang dihasilkan jika limbah organik diolah secara aerobik. Lumpur akan mengandung berbagai ragam mikroorganisme heterotrof termasuk bakteri dan protozoa. Lumpur aktif merupakan campuran antara lumpur dan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah. Sistem lumpur aktif adalah sistem pengolahan air limbah secara umum dengan biakan tersuspensi (Sholichin, 2012). Proses lumpur aktif sering digunakan untuk menangani limbah dari reaktor anaerob. sistem

lumpur aktif dapat mengurangi konsumsi energi serta menghasilkan sedikit sisa lumpur. Tujuan dari sistem lumpur aktif untuk menghilangkan BOD, nitrifikasi dan denitrifikasi (Anderson, 2010). Sistem lumpur aktif adalah sistem pengolahan air limbah secara umum dengan tersuspensi (Sholichin, 2012). Proses lumpur aktif sering digunakan untuk menangani limbah dari reaktor anaerob. Sistem lumpur aktif dapat mengurangi konsumsi energi serta menghasilkan sedikit sisa lumpur, tujuan dari sistem lumpur aktif untuk menghilangkan BOD, nitrifikasi dan denitrifikasi (Anderson, 2010).

2.5 Proses Anaerobic Oxidation (AO)

Proses *Anaerobic Oxidation* merupakan proses yang dapat digunakan untuk industri air limbah yang memiliki kandungan nitrogen yang tinggi sehingga air limbah dapat digunakan kembali. Dalam prosesnya *Anaerobic Oxidation* memiliki waktu yang cukup lama untuk menahan lumpur (SRT), sehingga diperlukan waktu untuk memenuhi generasi nitrifikasi dan bakteri denitrifikasi yang dapat menyebabkan waktu hidrolisis yang cukup lama (HRT) serta membutuhkan volume reaktor yang besar. Proses *Anaerobic Oxidation* ini memiliki kapasitas yang tinggi dalam denitrifikasi dan degradasi zat organik serta biaya yang dibutuhkan untuk konstruksi rendah, Anaerobic dapat mencegah mikroba yang ada pada lumpur dengan cara mendegradasinya yang cukup unik sehingga tingkat degradasi polutan refraktor rendah (Diya'uddeen et al., 2011).

Pada proses Anaerobic terdapat empat tahapan yaitu Hidrolisis, Asidogenesis, Acetogenesis dan Metanogenesis. Adapun penjelasan mengenai tahapan yang terjadi didalam proses bak Anaerobic adalah sebagai berikut:

1. Hidrolisis

Proses pada bak anaerobik terdapat hidrolisis yang berfungsi untuk mengubah makromolekul organik menjadi komponen yang lebih kecil dan juga dapat dimanfaatkan oleh bakteri asidogenik. Didalam bak anaerobik hidrolisis juga berfungsi sebagai proses elektrokimia, dimana dalam proses hidrolisis sendiri bakteri hidrolitik dapat mensekresikan enzim ekstraseluler yang dapat mengubah karbohidrat, lipid, protein menjadi gula, asam lemak rantai panjang (LCFA), dan asam amino.

2. Asidogenesis

Pada tahap ini asidogenesis berlangsung lebih cepat daripada tahap anaerobik yang lainnya dengan adanya bakteri asidogenik maka hanya memerlukan waktu regenerasi kurang dari 36 jam.

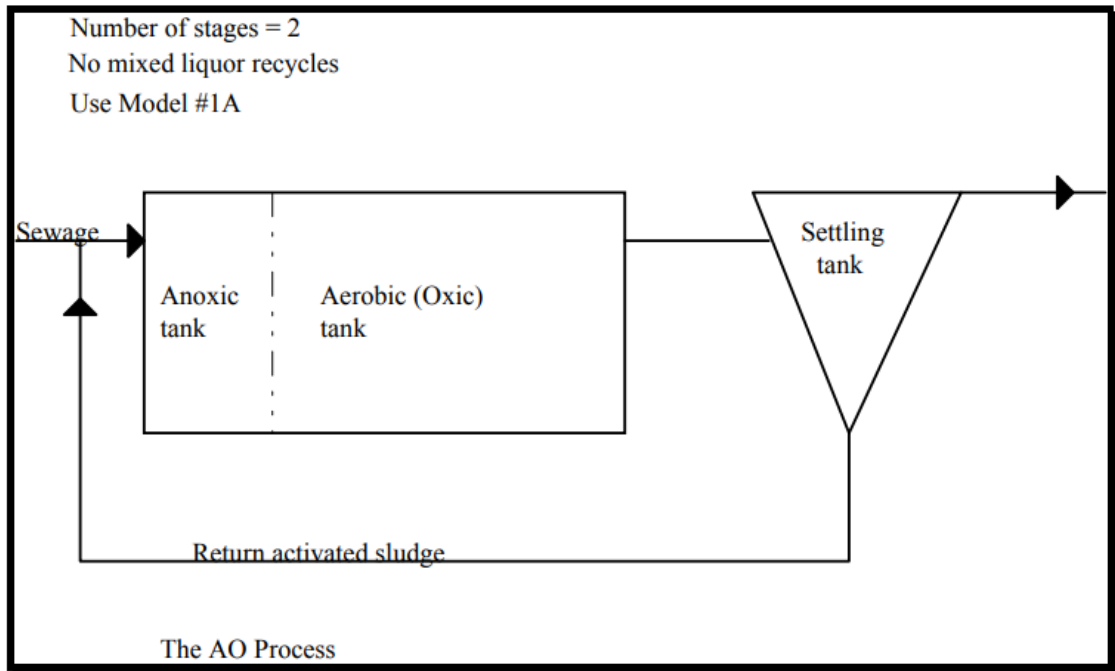
3. Acetogenesis

Acetogenesis adalah proses dimana VFAs yang lebih tinggi dan intermediat lainnya diubah menjadi asetat, dengan hidrogen juga diproduksi. Hidrogen yang dihasilkan selama asetogenesis akan membuka hubungan sintrofik yang terdapat dalam pencernaan anaerobik yang transfer antarspesies hidrogen. Sementara asetogenesis adalah penghasil hidrogen, tekanan parsial yang berlebihan dapat merugikan mikroorganisme asetogenik. Karena adanya metanogen hidrogenotrofik, hidrogen dapat dikonsumsi dengan cepat untuk mempertahankan tekanan parsial hidrogen pada tingkat yang mendukung asetogenesis dengan menciptakan reaksi eksergonik.

4. Metanogenesis

Metanogenesis merupakan tahap akhir dalam proses anaerobik, dimana pada tahap ini mikroorganisme metagenik digunakan untuk menghasilkan metana. Mikroorganisme metanogen mewakili sekelompok archaea anaerob obligat yaitu sebagai bukti kepekaan mikroorganisme metanogenik terhadap oksigen, ditemukan bahwa 99% sel *Methanococcus voltae* dan *Methanococcus vannielli* telah terbunuh dalam waktu sepuluh jam setelah terpapar oksigen. Pada mikroorganisme metanogenik cenderung membutuhkan pH yang lebih tinggi daripada tahap sebelumnya. Dalam tahap ini, metanogen memiliki waktu regenerasi yang lebih lambat yaitu 5-16 hari dibandingkan dengan mikroorganisme yang lain dalam proses anaerobik. Namun, beberapa spesies hidrogenotropik, seperti *Methanococcus maripaludis* memiliki waktu penggandaan hanya dalam waktu dua jam.

Diagram proses *Anaerobic-Oxic* dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 Diagram Proses *Anaerobic-Oxic*

Tabel 2.1 dibawah ini merupakan ringkasan proses pada masing-masing bak pada teknologi Anaerobic-Oxic:

Tabel 2.1 Ringkasan Zona Proses Anaerobic-Oxic

Bak	Transformasi Biologi	Fungsi	Zona
Anaerobik	Penyerapan dan Penyimpanan VFA dan PAOs Bahan organik mudah terurai oleh bakteri heterotrof		Penghilangan Fosfor
Aerobik	Nitrifikasi Penyerapan Fosfor	Konversi Ammoniak menjadi nitrit dan nitrat	Penghilangan Fosfor Penghilangan Nitrogen

Sumber: Bengston, 2017.

2.6 Software STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis Over Time)

Dalam penelitian ini perangkat lunak STOAT (Sewage Treatment Operation Analysis Over Time) digunakan untuk mensimulasikan kinerja IPAL Pusat. STOAT adalah paket pemodelan pekerjaan pengolahan limbah dinamis, mampu membuat model sistem lumpur aktif, proses berbasis film bio dan

pengolahan lumpur. Ini telah banyak digunakan di seluruh dunia. Perangkat lunak STOAT dipilih karena kemampuannya untuk mencapai tujuan penelitian, data yang relatif sederhana simple persyaratan, dan ketersediaan gratis.

STOAT adalah paket pemodelan pekerjaan pengolahan limbah dinamis. Pekerjaan pembuangan limbah dapat dibangun dengan mendefinisikan proses pengolahan yang terhubung dan dioperasikan. Kinerja pekerjaan selama periode waktu dapat diprediksi. STOAT menangani penyelesaian persamaan diferensial yang menggambarkan kinerja proses. Interpretasi hasil pemodelan dilakukan untuk memutuskan mana yang akan diterima. STOAT dapat digunakan untuk sejumlah aplikasi, termasuk merancang pekerjaan pengolahan limbah baru, merancang perluasan untuk pekerjaan pengolahan limbah yang ada, mengembangkan praktik operasional baru, menguji situasi. Selama simulasi proses pengolahan air limbah, simulasi didasarkan pada "praktik pemodelan yang baik" yang dikembangkan oleh (Rieger et al). Untuk mensimulasikan pengolahan air limbah dengan lebih baik, proses dan peralatan instalasi pengolahan air limbah yang disimulasikan harus memperoleh data historis yang lebih baik dan memodelkan proses pengolahan air limbah dengan model perangkat lunak STOAT.

2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian terdahulu terdapat beberapa sumber referensi yang dapat membantu dalam mensimulasikan penelitian ini. Berikut ini merupakan sumber yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.2 Referensi Penelitian Terdahulu

Software	Model	Unit	Skenario	Referensi
STOAT	IAWQ#1	Oxidation Ditch	Mengevaluasi kinerja pada parit oksidasi dalam air limbah dengan model dinamis untuk kualitas air influen (TN, TP, dan COD) serta debit air terhadap efisiensi penyisihan polutan.	Weiyi Wang, Chen Shi, Junfeng Yang, Ming Zeng, Zongbiao Dai, Zongpeng Zhang. 2019. Modeling performance of oxidation ditch in wastewater treatment plant by STOAT software. IOP Conf. Ser.: Earth Environ.

				Sci. 300 032065.
STOAT	ASAL 1	Lumpur Aktif	Evaluasi untuk mengendalikan pencemaran lingkungan dengan meningkatkan kualitas IPAL di Kawasan Industri Jababeka (KIJ)	Putri Ghina O. Minhaj, Mochammad Adhiraga Pratama, Sandyanto Adityosulindro, and Djoko M. Hartono. 2020. Modeling performance of industrial park wastewater treatment plant by STOAT software. E3S Web of Conferences 211, 02018 (2020).
STOAT	ASM 1	Activated Sludge	Pemodelan lumpur aktif dengan model ASM 1 pada studi kasus IPAL Isfahan	Farzaneh Mohamadi, Somaye Rahimi, Bijan Bina and Mohamad Mehdi Amin. 2015. Modeling of Activated Sludge with ASM1 Model, Case Study on Wastewater Treatment Plant of South of Isfahan. Vol. 10(Special Issue 1), 96-105 (2015).

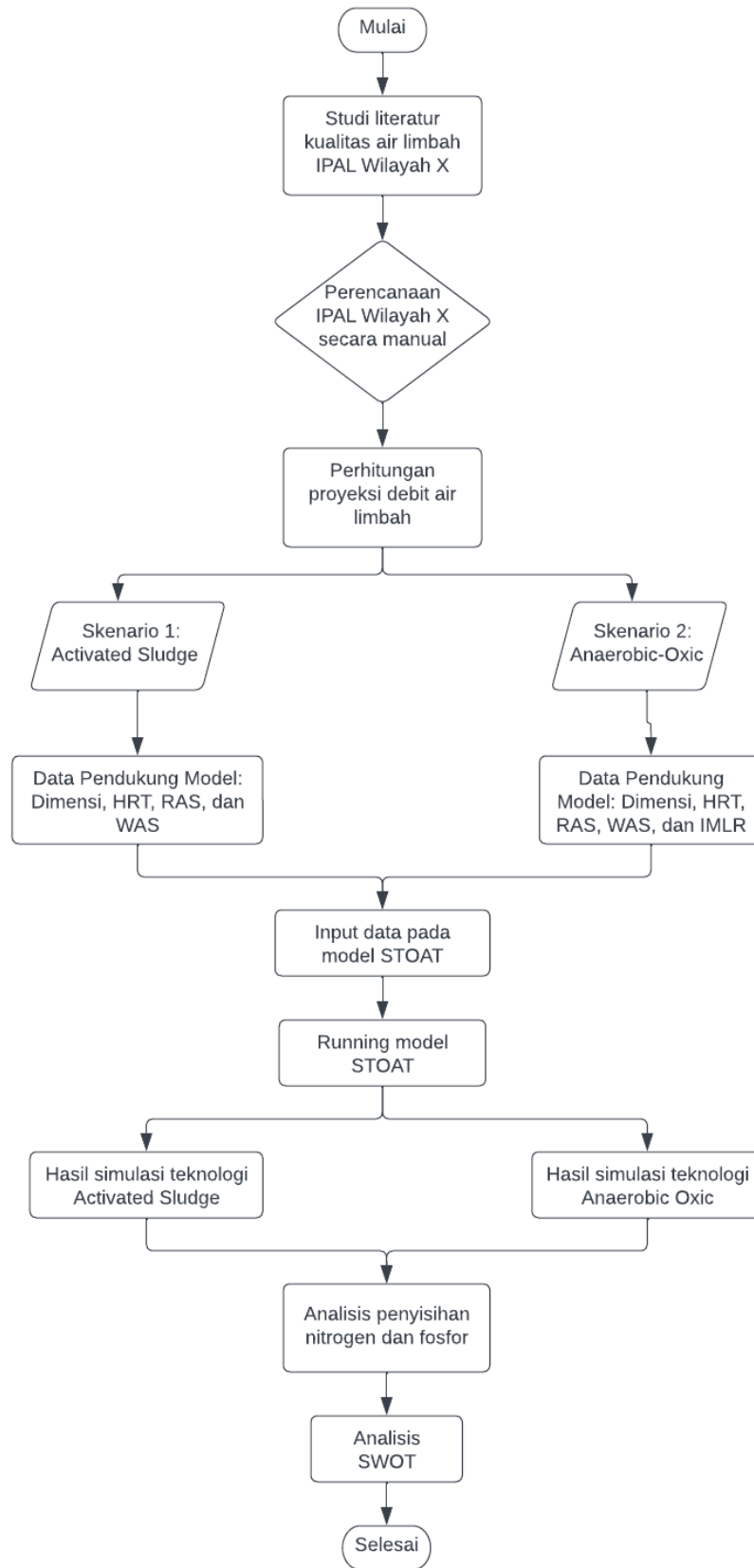
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder berupa studi literatur dengan kadar *Influent* dan *Effluent* air limbah pada penelitian sebelumnya secara umum yang ada di Indonesia maupun di negara Asia. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan dari bulan Maret 2022 hingga September 2022. Adapun diagram alir dari awal hingga akhir penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

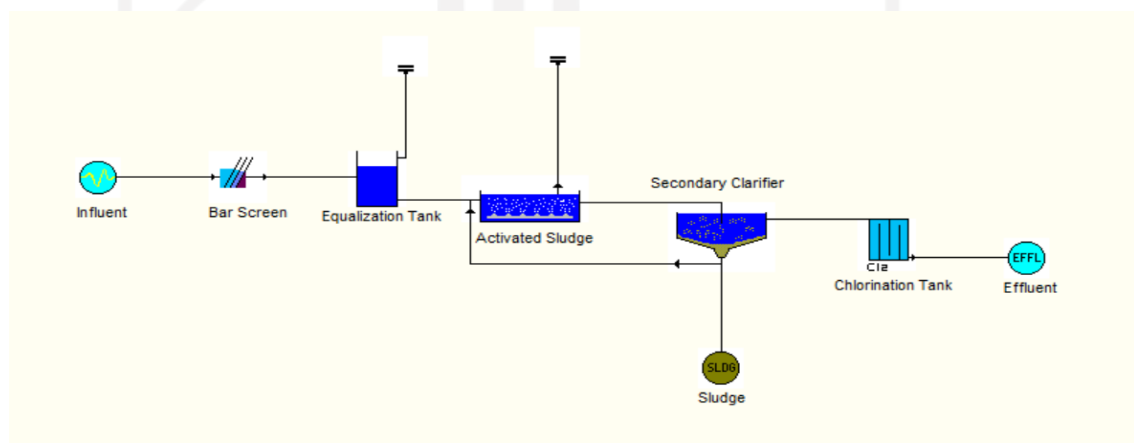
3.2 Tahapan Metode Penelitian

Untuk melakukan simulasi pada penelitian ini akan dibantu dengan menggunakan *software* STOAT versi 5.0. Data yang diperlukan untuk penelitian ini berupa data sekunder dengan melakukan studi literatur mengenai kualitas influen dan effluen IPAL X. Data yang diperlukan untuk penelitian ini yaitu jumlah pelayanan, debit, volume, dan data kualitas influen dan effluen air limbah yang dihasilkan oleh IPAL X.

Pada penelitian ini terdapat 2 skenario yang berbeda, dimana skenario 1 adalah proses pengolahan air limbah pada IPAL X dengan kondisi eksisting dengan menggunakan proses lumpur aktif konvensional. Sedangkan skenario 2 yaitu unit lumpur aktif yang dimodifikasi dengan menggunakan proses Anaerobic-Oxic. Berikut merupakan tahapan skenario yang akan dilakukan:

1. Skenario 1

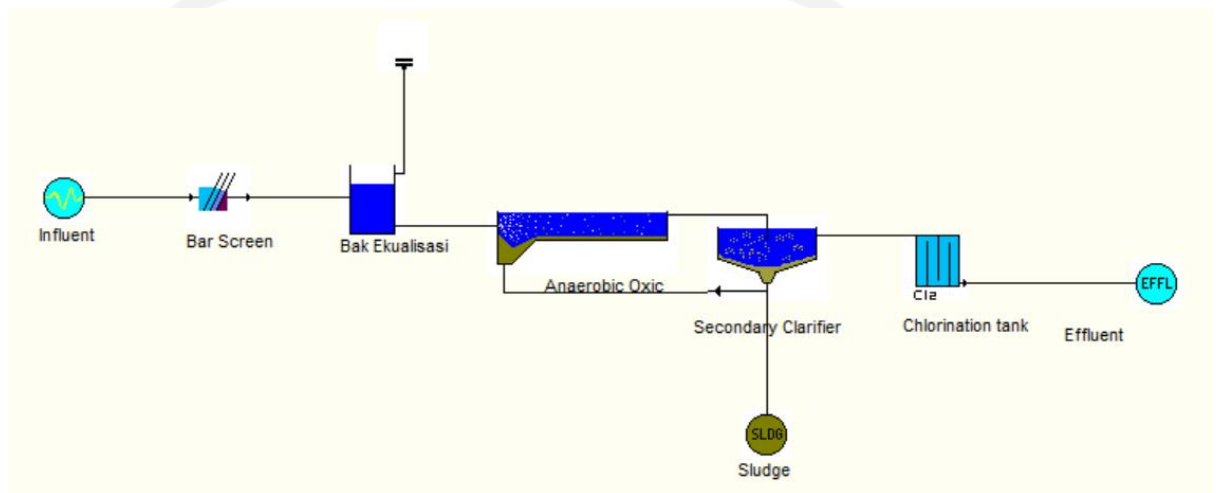
Pengolahan air limbah dibuat sesuai dengan kondisi eksisting IPAL X yang terdiri dari *Bar Screen*, *Equalization tank*, *Activated Sludge*, *Secondary Clarifier* dan *Chlorine tank* dengan menggunakan *software* STOAT versi 5.0.



Gambar 3.2 Layout IPAL X menggunakan Activated Sludge melalui *Software* STOAT

2. Skenario 2

Dalam proses pengolahan pada unit *Activated Sludge* akan dilakukan modifikasi dengan proses *Anaerobic-Oxic*. Pada proses ini terdapat 3 tahapan tangki yang berbeda yaitu tangki aerobik, anoksik dan aerobik. Model yang digunakan pada unit *Activated sludge* yaitu ASAL1A yang merupakan kode proses modifikasi *Activated sludge* untuk penyisihan nitrogen dan fosfor.



Gambar 3.3 Layout IPAL X menggunakan *Activated Sludge* dengan Modifikasi menggunakan *Anaerobic Oxidation* melalui *Software STOAT*

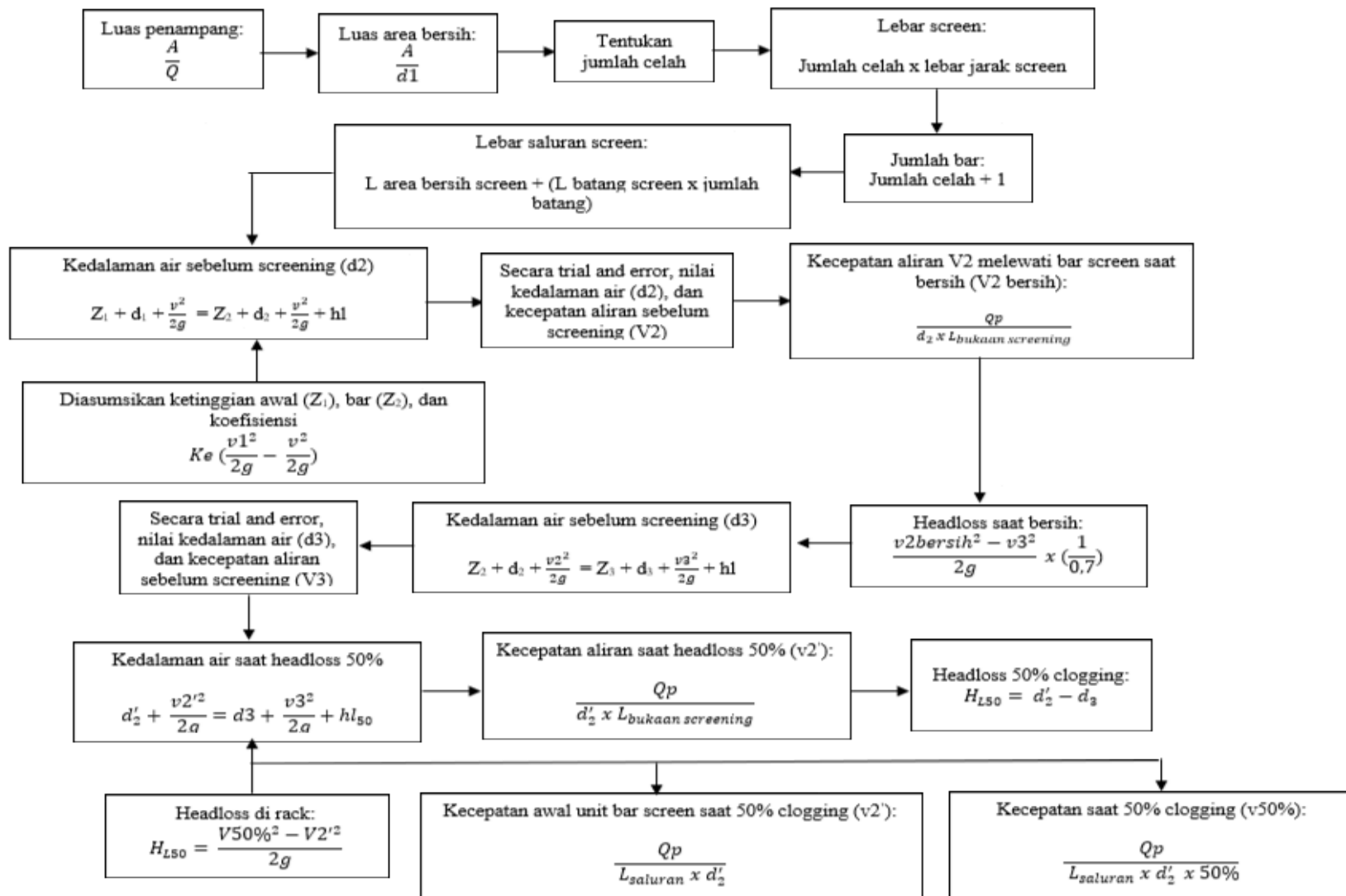
3. Analisa hasil penyisihan nutrien dan fosfor menggunakan 2 skenario yang telah dilakukan.
4. Melakukan analisis SWOT terhadap hasil simulasi penyisihan nitrogen dan fosfor untuk menjadi pertimbangan dalam menentukan skenario yang terbaik terhadap penyisihan nutrien pada IPAL X.

3.3 Rancangan Perencanaan Unit IPAL

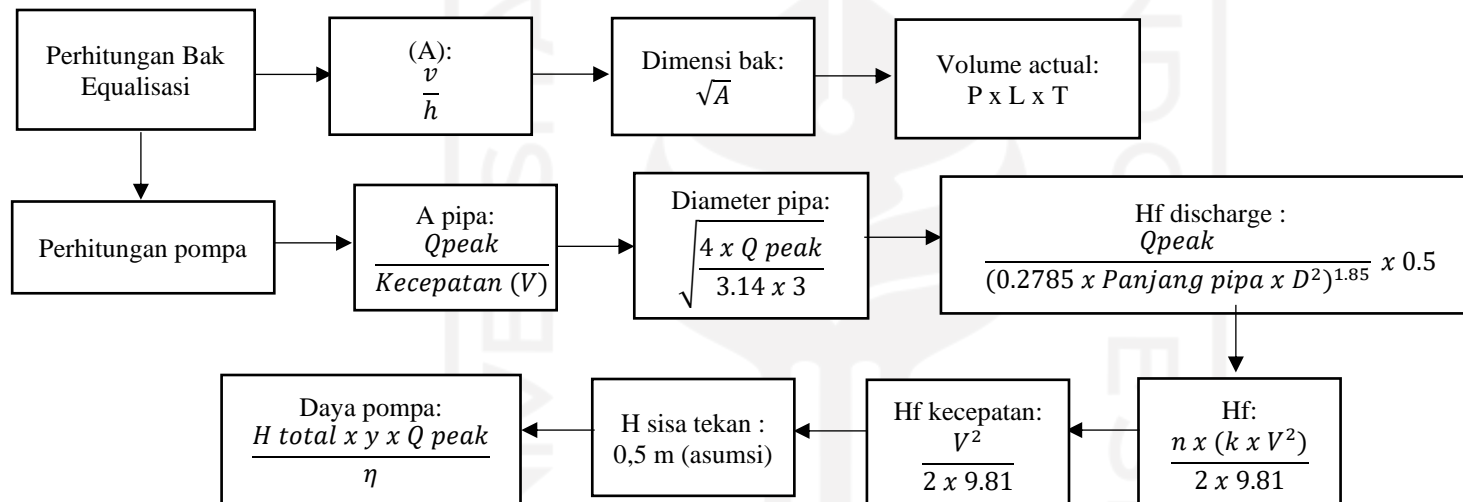
Pada penelitian ini unit IPAL direncanakan untuk suatu wilayah, dimana perhitungan tiap unit IPAL akan dirancang mengikuti alur perhitungan dengan berdasarkan karakteristik air limbah domestik dan debit air limbah. Hasil dari rancangan unit IPAL harus dapat memenuhi kriteria desain dari tiap unit yang digunakan. Untuk melakukan perencanaan unit IPAL dibutuhkan perhitungan manual, dengan menghitung unit bar screen, bak ekualisasi, perhitungan lumpur

aktif, bak anaerobic-oxic, secondary clarifier dan klorinasi. Berikut ini merupakan diagram alir perhitungan pada rancangan setiap unit IPAL :

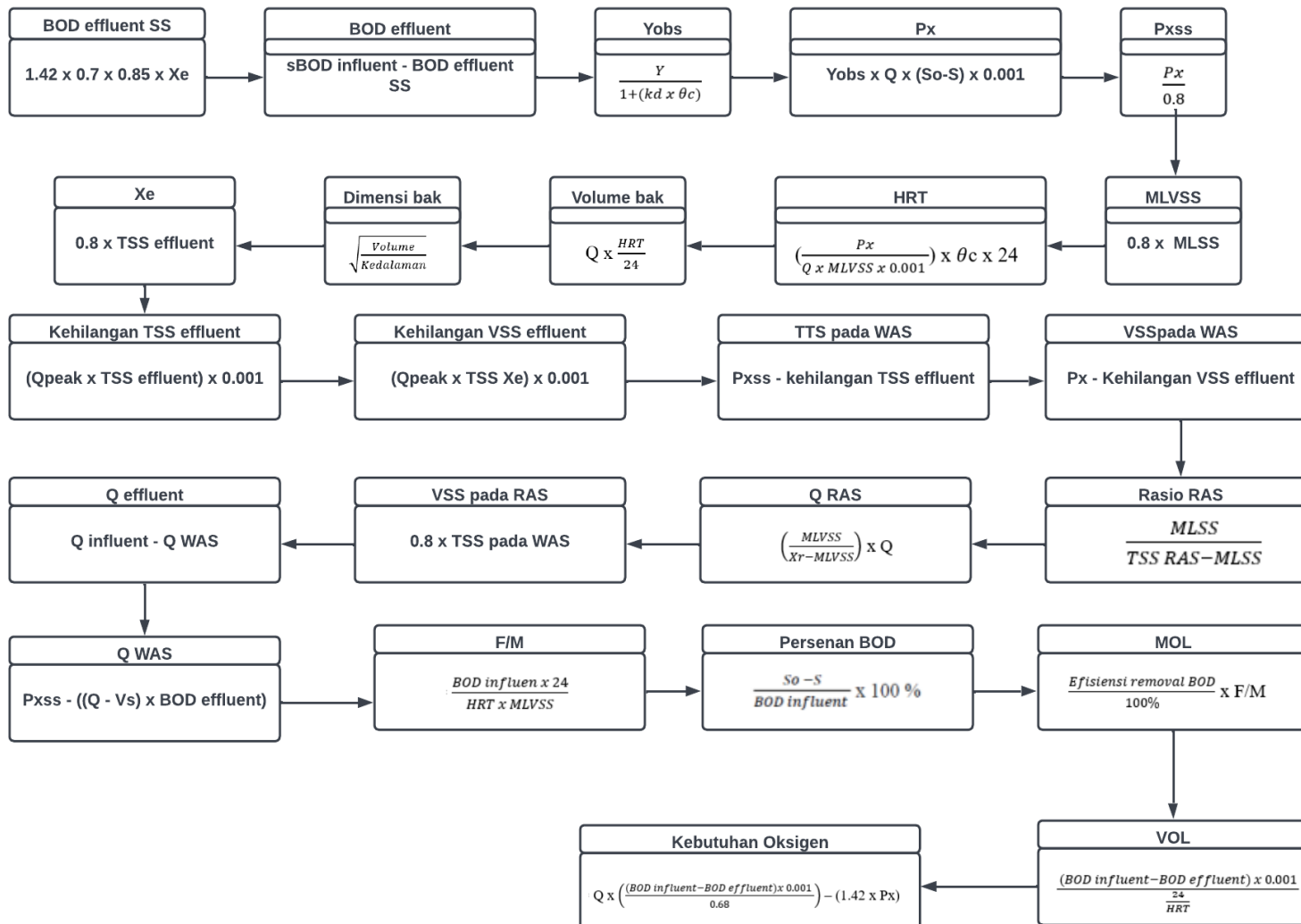




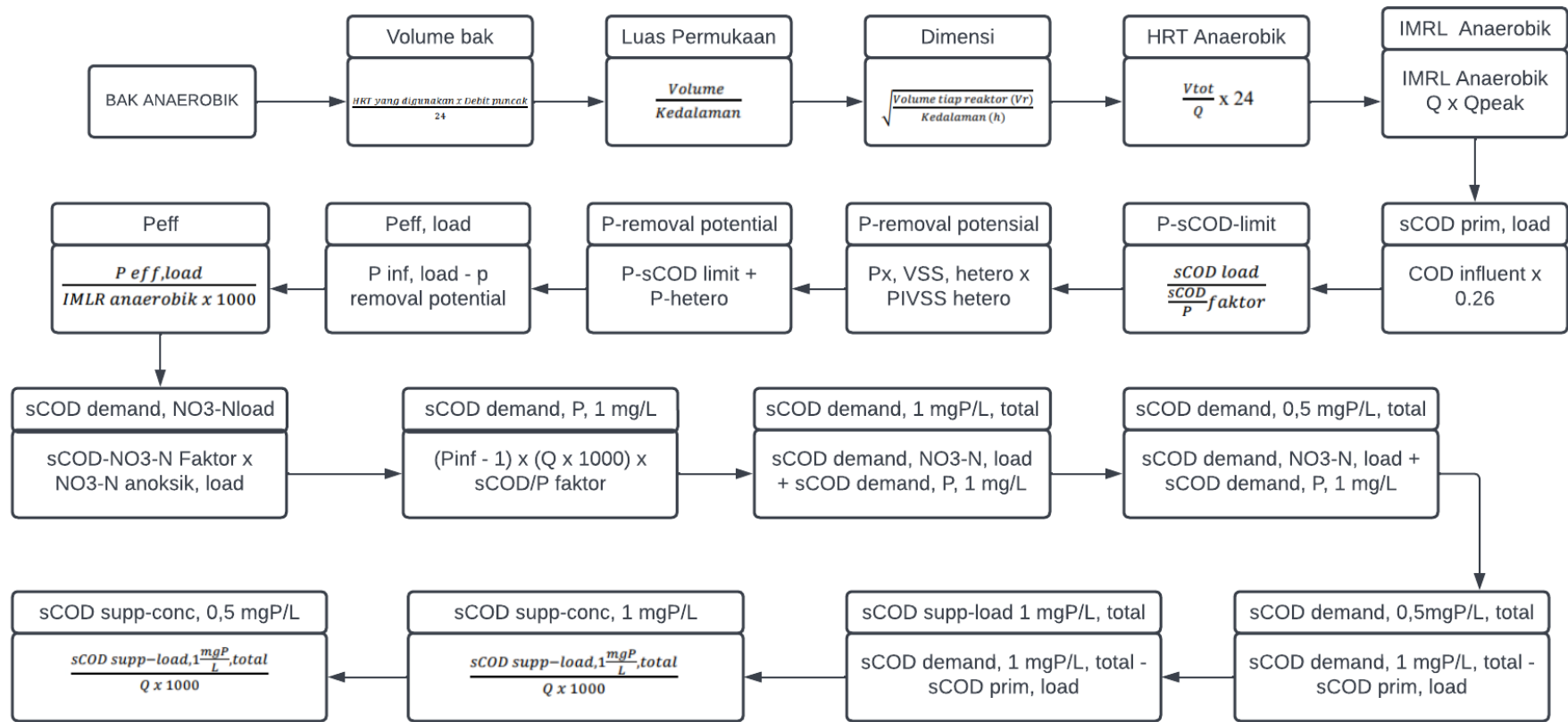
Gambar 3.4 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen



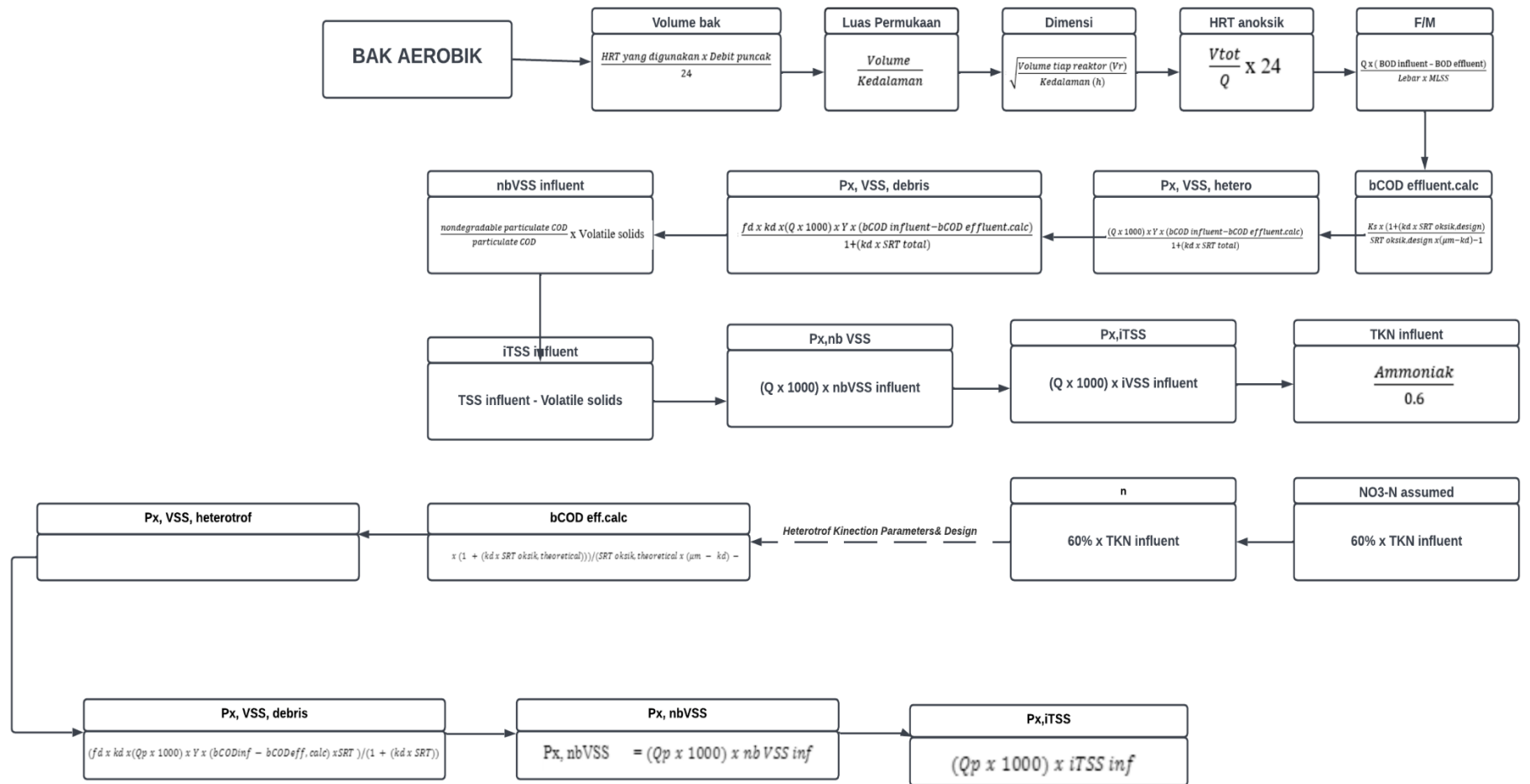
Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan Bak Ekualisasi



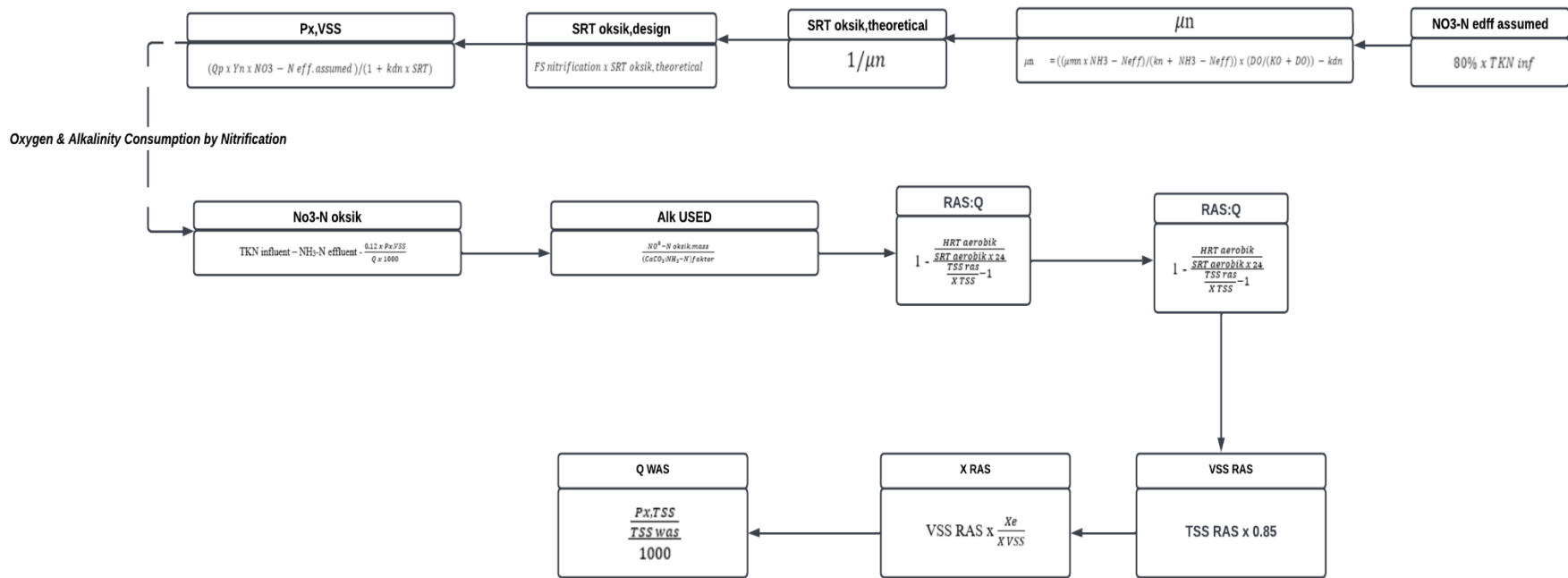
Gambar 3.6 Diagram Alir Perhitungan Lumpur Aktif



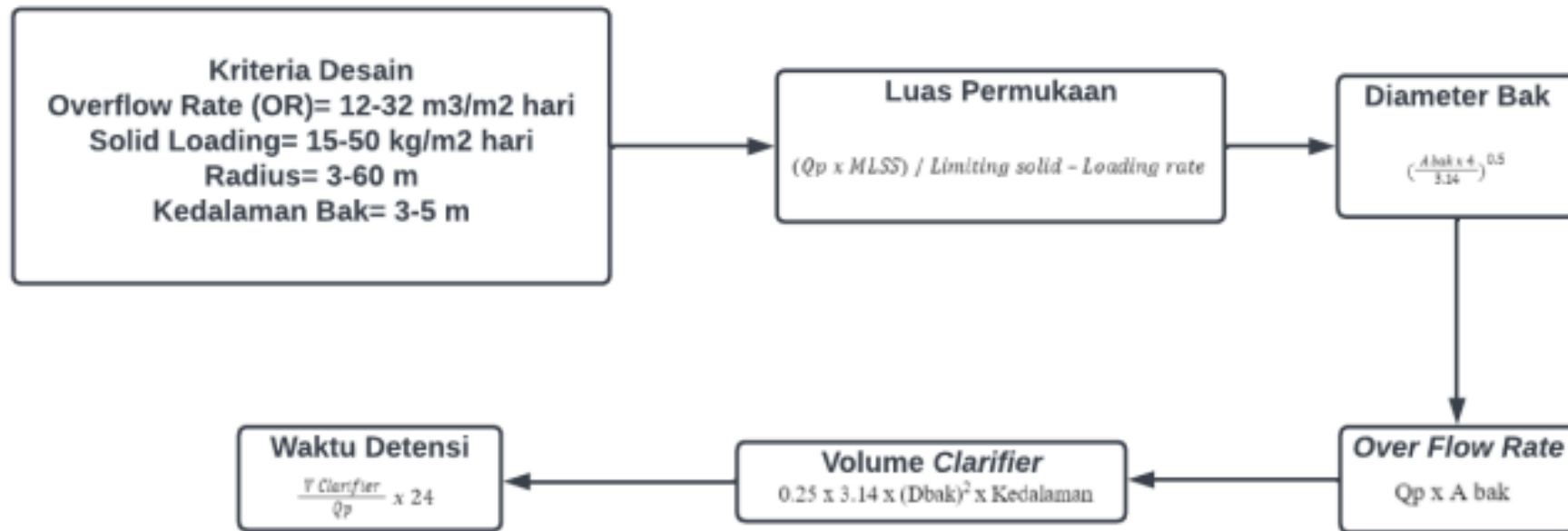
Gambar 3.7 Diagram Alir Perhitungan Bak Anaerobic



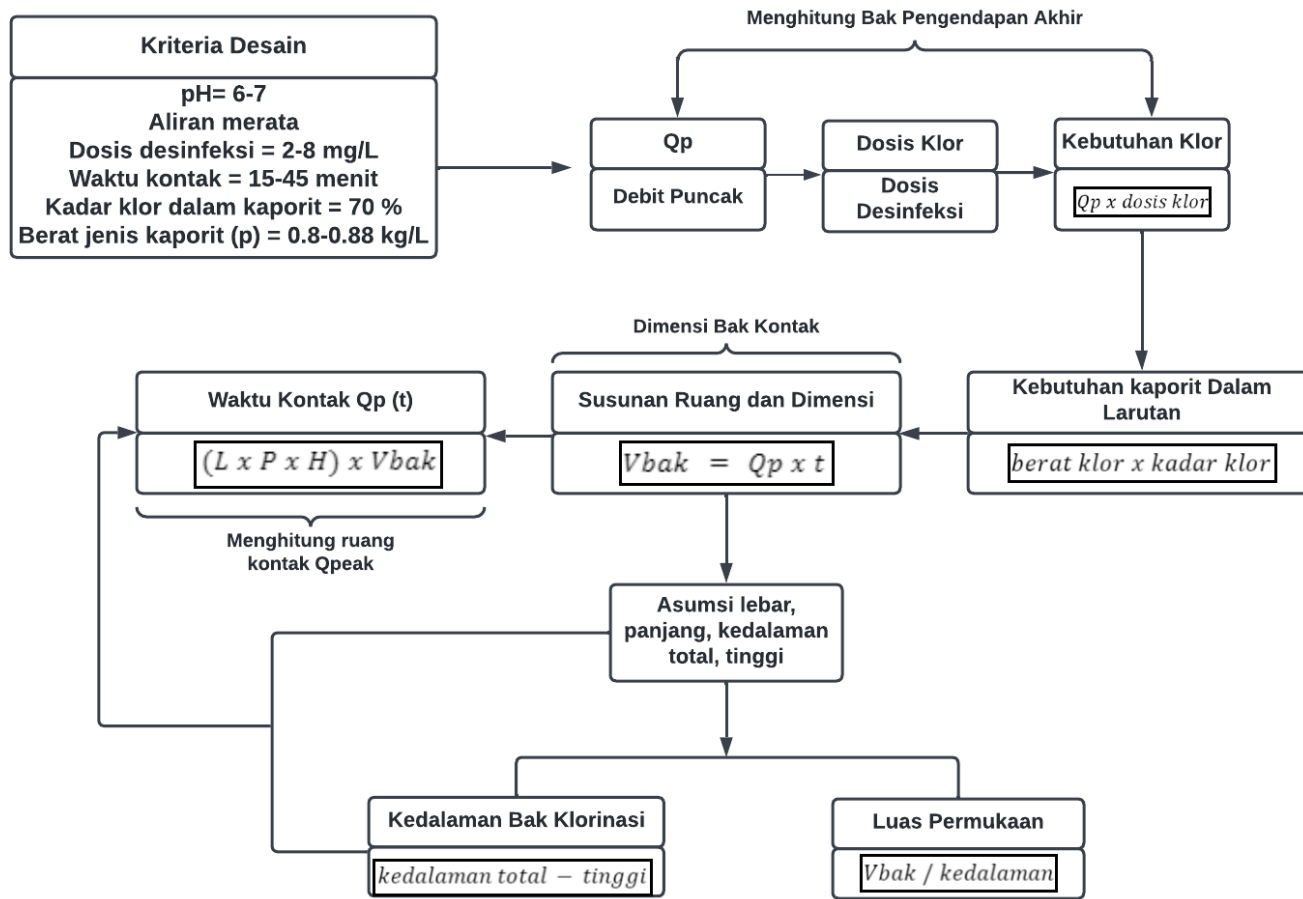
اجتازت الامتحان



Gambar 3.8 Diagram Alir Perhitungan Bak Aerobik Teknologi Anaerobic-Oxic



Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier



Gambar 3.10 Diagram Alir Perhitungan Klorinasi

3.4 Data Input

Data input yang digunakan dalam melakukan simulasi pemodelan memerlukan beberapa data kualitas influent seperti BOD, COD, Ammonia, Nitrat, Fosfat, Total P dan N. Dalam penelitian ini menggunakan ketentuan tutorial dari WRC dimana WRC ini merupakan pencipta *software* STOAT, data kualitas air limbah yang sudah didapatkan akan diinput kedalam pemodelan. Berikut ini merupakan data input kualitas air limbah yang diperlukan pada simulasi STOAT, data input pada skenario 1 dan skenario 2 merupakan data yang sama pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Data Input Software STOAT

Parameter	Persamaan	Nilai	Satuan
Total BOD ^c		128	mg/l
Soluble BOD (sBOD)	Total BOD - pBOD	57.5	mg.l
Particulate BOD (pBOD)	0.5 x Total TSS	70.5	mg/l
Total COD		250	mg/l
Soluble inert COD	0.07 x Total COD	17.5	mg/l
Particulate inert COD	0.15 X Total COD	37.5	mg/l
rbCOD	0.25 x Total COD	62.5	mg/l
Total TSS		141	mg/l
Volatile solid	0.7 x Total TSS	98.7	mg/l
Non-Volatile Solid	Total TSS - VS	42.3	mg/l
Total Nitrogen		34.81	mg/l
Organik Nitrogen^a		8	mg/l
Soluble Organic Nitrogen (ON)	$(0.06 \times \text{TN}) + (0.03 \times \text{TN})$	3.13	mg/l
Particulate Organic Nitrogen (sON)	ON - sON	4.87	mg/l
Ammonia		19.5	mg/l
Fosfat		13	mg/l
Soluble Fosfat ^d	33% x TP	4.29	mg/l
VFA	0.15 x rbCOD	9.38	mg/l
Dissolved Oxygen (DO)		1	mg/l
Viable heterotrophs		1	mg/l
Viable autotrophs		0.1	mg/l

Sumber: ^a(Martins et al., 2021), ^b(Henze et al., 2008), ^c(Cardona, 2018), ^d(Li & Brett, 2015)

Software STOAT membutuhkan data input yang perlu dimasukkan ke dalam sistem. Data yang digunakan dapat berupa teknologi yang akan digunakan, berikut merupakan data yang diperlukan:

Tabel 3.2 Data Input Influen pada STOAT

Jenis Input Data	Data Input
<i>Influent Pattern</i>	Flow (m ³ /h), Temperature (oC), pH, Volatile fatty acids, Soluble Biodegradable COD (mg/L), Soluble Nonbiodegradable COD (mg/L), Particulate Biodegradable COD (mg/L), Particulate Nonbiodegradable COD (mg/L) dan Ammonia (mg/L).

Tabel 3.3 Data Input Bar Screen pada STOAT

Jenis Input Data	Data Input
<i>Name and Dimension</i>	Bar Spacing (m)

Tabel 3.4 Data Input Equalization Tank pada STOAT

Jenis Input Data	Data Input
<i>Name and Dimension</i>	Model
<i>Initial Conditions</i>	Tank volume (m ³), Temperature (oC), Hydraulic age (h), Soluble BOD (mg/L, Soluble inert COD (mg/L), Ammonia (mg/L), Phosphate (mg/L), Dissolved oxygen (mg/L) dan Particulate inert COD (mg/L).

Tabel 3.5 Data Input Lumpur Aktif pada STOAT

Jenis Input Data	Data Input
<i>Name and Dimension</i>	Process model, Volume, Number of stages, Number of MLSS recycles dan Wastage method.
<i>Stage Data (flow distribution data)</i>	Volume distribution, Feed distribution, Return activated sludge distribution, Minimum K_{la} (1/h), Maximum K_{la} (1/h), Dissolved oxygen set point (mg/L) dan Stage where DO is to be measured
<i>Initial Conditions</i>	Soluble BOD (mg/L), Ammonia (mg/L), Soluble phosphate (mg/L), Dissolved oxygen (mg/L), MLSS (mg/L), Viable autotrophs (mg/L) dan Viable heterotrophs (mg/L).

Tabel 3.6 Data Input Secondary Clarifier pada STOAT

Jenis Input Data	Data Input
Name and Dimension	Model, Number of vertical layers, Surface area, Depth of tank, Depth of feed dan RAS flow.
Operation	RAS flow (m ³ /h), RAS ratio, Sludge wastage flow (m ³ /h), Wastage pump run time (h) dan Wastage cycle time (h).
Initial Conditions (stage 1 – stage 8)	Soluble BOD (mg/l), Ammonia (mg/l), Soluble phosphate (mg/l), Dissolved oxygen (mg/l) dan Mixed liquor suspended solids (mg/l), Non-settleable (volatile) solids.

Tabel 3.7 Data Input Chlorination Tank pada STOAT

Jenis Input Data	Data Input
<i>Name and Dimension</i>	Volume (m ³)
<i>Operation</i>	Change at time (h) dan Chlorine dosage (mg/l)

Data input yang digunakan pada tiap unit software STOAT berbeda-beda, berikut merupakan data input masing-masing teknologi yang digunakan:

a Bar Screen

Tabel 3.8 Data Input Unit Bar Screen

Data Input	Nilai	Satuan
Bar Spacing	0.025	m

b Equalization tank

Tabel 3.9 Data Input Bak Ekualisasi

Data Input	Nilai	Satuan
Volume	27.8	m ³
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	13	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

Data Input	Nilai	Satuan
Procces Model	ASAL1	-
Volume	275.88	m ³
Number of stages	1	-
Number of MLSS recycle	0	-
Volume distribution	1	-
Return activated sludge 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
Nitrat	7	mg/l
Soluble phosphat	3.96	mg/l
Dissolved Oxygen	1	mg/l
MLSS	2500	mg/l
Viable autotophs	100	mg/l
Viable heterotrophs	1000	mg/l
Particulate BOD	70.5	mg/l

d Bak Anaerobic-Oxic

Tabel 3.11 Data Input Unit Anaerobic-Oxic

Data Input	Nilai	Satuan
Procces Model	ASAL1A	-
Volume	127.33	m ³
Number of stages	2	-
Number of MLSS recycle	0	-
Volume distribution	1	-
Return activated sludge 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
Nitrat	7	mg/l
Soluble phosphat	3.96	mg/l
Dissolved Oxygen	1	mg/l
MLSS	3000	mg/l
Viable autotrophs	100	mg/l
Viable heterotrophs	1000	mg/l
Particulate BOD	70.5	mg/l

e Bak Pengendapan Sekunder

Tabel 3.12 Data Input Pengendapan Sekunder

Data Input	Nilai	Satuan
Procces Model	SSED1	-
Volume	61.12	m ³
Number od stages	3	-
MLSS recycle	2	-
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

Tabel 3.13 Data Input Pengendapan Sekunder (Lumpur Aktif)

Data Input	Nilai	Satuan
RAS flow	28.30	m ³ /jam

RAS ratio	1	-
Sludge wastage flow	1.56	m ³ /jam
Wastage pump run time	24	Jam
Wastage cycle time	24	Jam
MLSS set-point	1	-

f Bak Klorinasi

Tabel 3.14 Data Input Klorinasi

Data Input	Nilai	Satuan
Volume	42.4	m ³
Chlorine dosage	2	mg/l

3.5 Analisa SWOT

Menurut (Freddy Rangkuti, 2004) menjelaskan bahwa analisis SWOT adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi perusahaan. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*strength*) dan peluang (*opportunity*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threats*).

Dalam melakukan analisis SWOT, yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode Kuantitatif. Analisis ini dilakukan dengan skoring dan bobot, skoring menggambarkan skala pengaruh kekuatan dari suatu dampak dengan detail skala yang digunakan yaitu sebagai berikut:

- 1 : Berpengaruh tidak kuat
- 2 : Berpengaruh cukup kuat
- 3 : Berpengaruh kuat
- 4 : Berpengaruh sangat kuat

Sedangkan bobot menggambarkan skala pengaruh kekuatan dari suatu dampak dengan detail skala yang digunakan yaitu sebagai berikut:

- 1 : Tidak mendesak dan tidak penting
- 2 : Tidak mendesak dan cukup penting
- 3 : Mendesak dan penting

4 : Sangat mendesak dan sangat penting

Variabel yang dianalisis dalam matriks SWOT yaitu dapat dilihat pada Tabel 3.15

Tabel 3.15 Variabel Analisis

Strength (Kekuatan)	
1	Dapat menghilangkan bahan organik
2	Biaya investasi rendah
Weaknesse (Kelemahan)	
1	Tidak dapat menyisihkan nutrien
2	Mebutuhkan lahan yang luas
3	Biaya operasional yang tinggi
Oppurtunities (Peluang)	
1	Memperbaiki sanitasi lingkungan
2	Air limbah terolah dengan baik
Threats (Ancaman)	
1	Tidak terdapat baku mutu kada Total N dan Total P
2	Penurunan kualitas perairan karena adanya eutrofikasi

Matriks SWOT dapat digunakan untuk menggambarkan secara jelas peluang dan ancaman eksternal yang dihadapi perusahaan, dan disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki. Matriks SWOT (Kekuatan-Kelemahan-Peluang-Ancaman) merupakan alat yang penting untuk membantu manajer mengembangkan 4 (empat) tipe strategi yaitu SO (*Strengths-Opportunities*), WO (*Weakness-Opportunities*), ST (*Strengths-Threats*), dan WT (*Weaknesess-Threats*) (Amalia, 2012).

Untuk menentukan total perhitungan analisis SWOT dilakukan dengan cara menentukan skor dan pembobotan terlebih dahulu, kemudian hasil skor dan pembobotan yang sudah didapat di total agar mendapatkan nilai selisih dari strategi yang sudah dilakukan. Contoh cara untuk menghitung selisih antara Strength (Kekuatan) dan Weakness (Kelemahan) yaitu pada Strength (kekuatan) untuk skornya yaitu 4 dan pembobotan yaitu 4 kemudian skor dan pembobotan dikalikan sehingga mendapatkan total dari Strength sebesar 16. Lalu untuk Weaknes (kelemahan) skornya yaitu 4 dan pembobotan yaitu 3 kemudian dikalikan dan akan mendapatkan hasil Weakness sebesar 12. Dari Strength (kekuatan) dan Weakness

(kelemahan) tersebut kemudian dilakukan total selisih dengan cara Strength (16) – Weakness (12) sehingga mendapatkan total selisih sebesar 4. Pengolahan yang dapat dipilih merupakan pengolahan yang mendapatkan nilai Strength (Kekuatan) dan Weakness (kelemahan) positif.

Berikut ini merupakan table matriks SWOT:

Tabel 3.16 Matriks SWOT

Faktor Intenal/Faktor Eksternal	Strength (Kekuatan)	Weaknesss (Kelemahan)
Opportunities (Kesempatan)	Strategi SO : Menggunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang.	Strategi WO : Meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang.
Threats (Ancaman)	Strategi ST : Menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman.	Strategi WT : Meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman.

Sumber : David (2009)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik sangat bervariasi dapat dilihat dari asal sumber air limbah tersebut, selain dapat merusak lingkungan limbah domestik juga berbahaya bagi mikroorganisme patogen yang berada pada tinja manusia yang dapat mengakibatkan beragam penyakit apabila masuk ke tubuh manusia. Data karakteristik air limbah yang dihasilkan pada penelitian ini didapatkan dari studi literatur penelitian terdahulu, dimana penelitian ini diharapkan dapat menjadi gambaran kualitas air limbah yang ada di Indonesia maupun Asia Tenggara khususnya pada kandungan nitrogen dan fosfor. Berikut merupakan data kualitas air limbah yang digunakan dalam merencanakan IPAL pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Kualitas Air Limbah Domestik

Parameter	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu
	Influent	Effluent	
TSS ^(1,2)	141	26	30
BOD ⁽²⁾	128	36	30
COD ⁽³⁾	250	116.8	100
Ammoniak ⁽⁴⁾	19.5	14.34	100
Total Fosfor ⁽⁴⁾	12	-	-
Total Nitrogen ⁽³⁾	34.81	20	-
Nitrat ⁽⁴⁾	7	-	-
Nitrit ⁽⁵⁾	0.31	0.033	-
Fosfat ⁽⁶⁾	6.2	4.68	-

Sumber: (1) Ikbal (2016); (2) Pitoyo, E., Hendriarianti, E., Karnaningroem, N., Lingkungan, T., Teknik, F., & Teknologi, I. (2017); (3) Dieu, T. T. M., Mai, H. N. P., & K., S. T. (2016). (4) Sabben, A. H., Ngadi, N., Noor, Z. Z., Raheem, A.B., Agouillal, F., Mohammad, A. A., & Abdulkarim, (2018). (5) Lumunon, E., Riogilang, H

Baku mutu pada parameter TN dan TP belum ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Maka dari itu, penelitian ini menggunakan baku mutu parameter TN dan TP yang mengacu dari beberapa negara. Berikut merupakan Tabel 4.2 Baku Mutu Parameter TN dan TP dari beberapa Negara:

Tabel 4.2 Baku Mutu Parameter TN dan TP dari Beberapa Negara

Negara	Baku Mutu	
	TN (mg/L)	TP (mg/L)
Israel ^(a)	<25	<5
Italia ^(a)	<15	<2
India ^(a)	10	2
Tanzania ^(a)	15	6
Ireland ^(a)	6	2
China ^(b)	>2	>0.2

Sumber: (a) Schellenberg et al. (2020); (b) Zhang et al. (2019)

4.2 Proyeksi Penduduk (Backward)

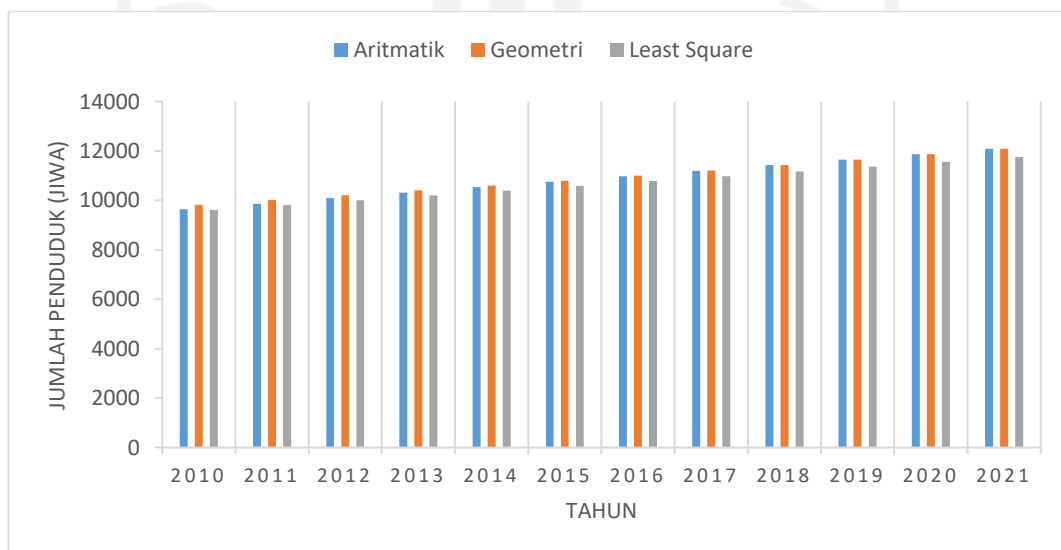
Pada penelitian ini dilakukan perencanaan unit Instalasi Pengolahan Air Limbah pada wilayah X, dimana perencanaan ini dilakukan menggunakan dua skenario yaitu dengan teknologi Activated Sludge dan Anaerobic Oxidation (AO), yang nantinya dilakukan perbandingan performa untuk menyisihkan nutrisi dengan menggunakan software STOAT versi 5.0. Periode perencanaan ini dilakukan dalam waktu 10 tahun yang akan mendatang terhitung dari tahun 2022 hingga tahun 2032.

Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan menggunakan 3 (tiga) metode, dimana metode tersebut dilakukan dengan pengujian terhadap jumlah penduduk terdahulu. 3 (tiga) metode tersebut yaitu metode aritmatik, metode geometrik dan metode least square. Metode yang nilai standar deviasinya menghasilkan nilai terkecil maka pada Backward Projection selanjutnya akan digunakan sebagai

metode proyeksi penduduk pada Forward Projection. Tabel 4.1 berikut merupakan data jumlah penduduk dari tahun 2010 hingga 2021 dan gambar 3 hingga 3 merupakan 3 metode Aritmatik, Geometrik dan Least Square :

Tabel 4.3 Jumlah Penduduk

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%
Jumlah		128224	1606	22.30%
Rerata		10685	178	1.86%



Gambar 4.1 Perbandingan Proyeksi Penduduk Aritmatik, Geometri dan Least Square

4.2.1 Perbandingan Tiga Metode

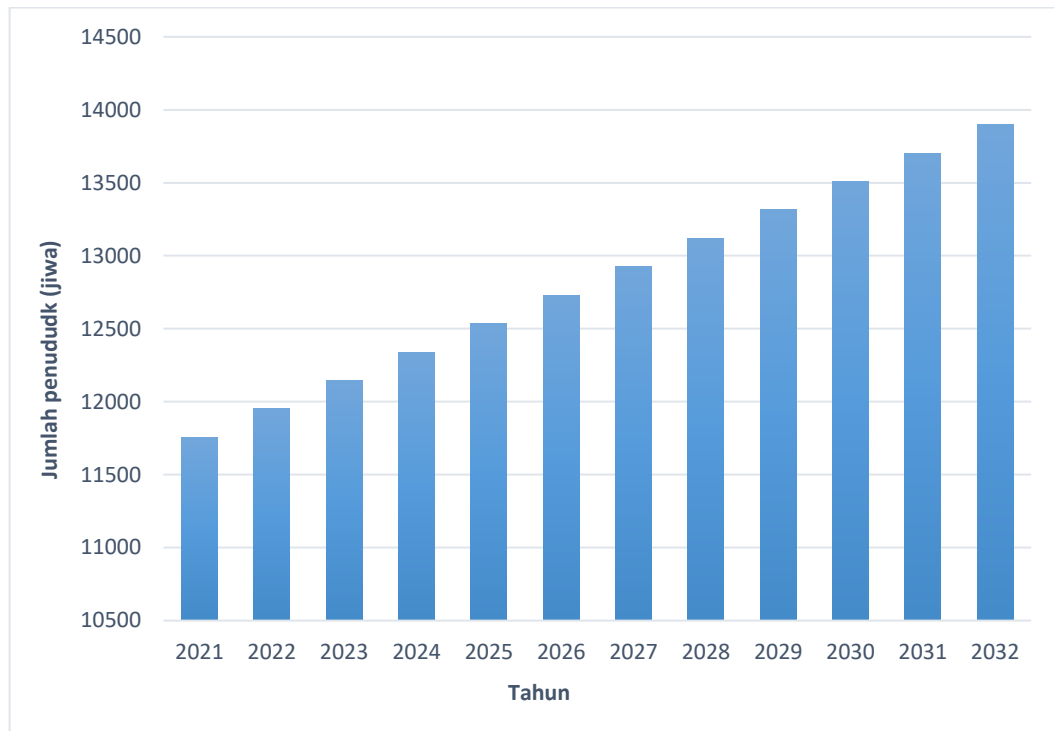
Tabel 4.4 Perhitungan 3 Metode

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	128224
Standar Deviasi			767.92	710.27	672.26

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan 3 metode tersebut, metode yang menunjukkan standar deviasi terkecil yaitu metode least square. Maka dari itu metode least square akan digunakan untuk memproyeksikan penduduk 10 tahun mendatang.

4.2.2 Proyeksi Perhitungan Maju (Forward Projection)

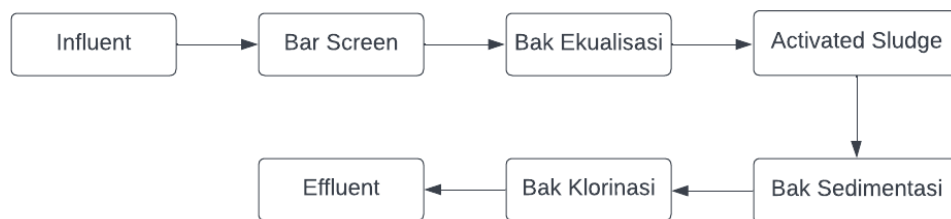
Pada proyeksi perhitungan maju ini dilakukan perhitungan dengan proyeksi maju 10 tahun yang akan mendatang. Dari hasil perhitungan pada backward projection metode yang memiliki standar deviasi terkecil yaitu metode least square. Berikut merupakan Tabel 4.3 dan Gambar 3. Hasil dari perhitungan proyeksi maju penduduk selama 10 tahun yang akan mendatang sebagai berikut:



Gambar 4.4 Proyeksi Penduduk

4.3 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

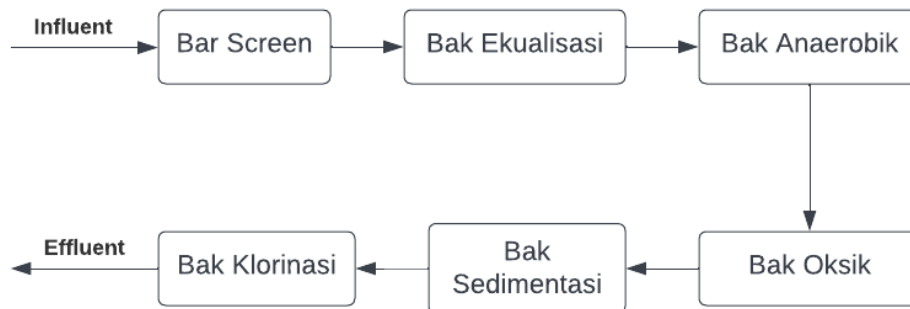
Pada perencanaan IPAL ini dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) teknologi yang berbeda untuk menyisihkan kandungan nutrient, teknologi yang digunakan yaitu lumpur *Activated Sludge* dan *Anaerobic-Oxic* untuk melihat penyisihan nutrien terbaik dari nitrogen dan fosfor pada perencanaan IPAL Domestik. Berikut merupakan diagram alir dari perencanaan IPAL domestik dari 2 (dua) teknologi yang dapat dilihat pada Gambar 4. dan Gambar 4. Dibawah ini:



Gambar 4.5 Diagram Alir IPAL dengan Menggunakan Activated Sludge

Pada skenario 2, IPAL dirancang dengan menggunakan teknologi Activated Sludge yang dimodifikasi dengan Anaerobic-Oxic (AO). Proses Anaerobic-Oxic

ini memiliki waktu yang cukup lama untuk menahan lumpur. Gambar 4. Merupakan diagram alir IPAL dengan menggunakan metode Anaerobic-Oxic (AO):



Gambar 4.6 Diagram Alir IPAL dengan Menggunakan Anaerobic Oxic (AO)

4.3.1 Perhitungan Preliminary Treatment

Preliminary treatment merupakan bentuk proses untuk menghilangkan komponen dari limbah seperti kain bekas, ranting/kayu, kerikil halus, benda-benda kecil yang mengapung, serta minyak yang dapat menyebabkan beberapa masalah dalam proses pada tahap selanjutnya. Pada perencanaan ini, preliminary treatment yang digunakan adalah bar screen dan bak ekualisasi.

a. Bar Screen

Bar screen merupakan saringan yang berbentuk segi empat dan jeruji plat besi yang biasanya terbuat dari besi baja, screen ini terdapat 2 macam yaitu saringan halus (fine screen) dan saringan kasar (coarse screen). Pada proses bar screen ini digunakan untuk memisahkan benda padat atau sampah pada air limbah, seperti plastik, kertas, kayu, serta benda padat lainnya. Berikut merupakan Tabel 4.5 Mengenai kriteria dari unit bar screen yaitu:

Tabel 4.5 Kriteria Desain Unit Bar Screen

Parameter	Nilai Kriteria	Kriteria Digunakan
Kecepatan maksimum aliran melalui bar (m/s)	0,3 - 0,6	0.6
Ukuran bar		
Lebar (mm)	4-8	4
Tinggi (mm)	26 - 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: Tchobanaglou, 2003

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Unit Bar Screen

DATA PERENCANAAN		
Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah unit	1	buah
Debit puncak (Qp)	0.024	m ³ /s
V aliran	0.6	m/s
Diameter pipa	0.5	m
Jumlah celah	50	buah
Lebar jarak screen	25	mm
Lebar batang screen	4	mm
Kedalaman air di dalam pipa	0.4	m
Ketinggian dasar pipa (Z1)	0	m
PENYELESAIAN		
Luas penampang bar	0.039	m ²
Lebar area bersih screen	0.098	m
Total area bersih (lebar screen)	1.25	m
Jumlah bar	51	
Lebar chamber (Lebar saluran screen)	0.302	m
Koefisien efisiensi	4.22	
Kedalaman air sebelum screen (d2)	0.410	m
Kecepatan aliran sebelum screen (V2)	0.19	m ² /s
V2 melewati bar screen saat bersih	0.585	m ² /s

HL saat bersih	0.02	m
Kedalaman air setelah screen (d3)	0.031	
Kecepatan aliran setelah screen (V3)	2.517	
Kedalaman air saat headloss 50% (d2')	0.360	
Kecepatan aliran saat headloss 50% (v2')	0.217	
HL50% clogging	0.329	m

b. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan bak penampungan yang berfungsi untuk menampung air limbah sebelum menuju unit pengolahan sehingga air limbah memiliki karakteristik dan memiliki debit yang stabil. Berikut merupakan tabel 4.7 kriteria desain pada unit bak ekualisasi:

Tabel 4.7 Kriteria Desain Unit Bak Ekualisasi

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

Sumber: *Buku B – SPALDT, 2018 dan Metcalf & Eddy dalam Priyanka, 2012*

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Bak Ekualisasi

Parameter	Nilai	Satuan
Debit rata-rata (Q)	27.80	m ³ /jam
Waktu tinggal	1	jam
Volume (V)	27.80	m ³
Kedalaman bak rencana	1.5	m
Luas Permukaan (A)	18.53	m ²
Dimensi Bak :		
rasio P:L	1:1	
Panjang	4.30	m
Lebar	4.30	m
Cek volume	27.80	m ³

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Pompa Bak Ekualisasi

Parameter	Nilai	Satuan
Head statis	2	m
A pipa	0.024	m ²
Diameter Pipa	0.10	m
Cek V	1	m/detik
Hf Mayor (kerugian head di sepanjang pipa)		
Hf discharge	1.32	m
Hf Minor (kerugian head akibat katup, belokan, sambungan, sambungan 90 dll)		
N	1	
K	0.25	
Hf (akibat belokan 90)	0.013	m
Hf kecepatan	0.051	m
H sisa tekan	0.5	m
Head total	3.89	m
Y	9.8	kN/m ³
η	0.75	$\frac{\text{kw.kN}}{\text{m/detik}}$
Perhitungan daya pompa	1.197	kw
Spesifikasi pompa	C1463-880	

4.3.2 Perhitungan Secondary Treatment

Secondary treatment ini dilakukan untuk menghilangkan sisa organik dan padatan yang tersuspensi. Pada penelitian ini pengolahan dilakukan sebanyak tiga tahapan yaitu Lumpur Aktif Konvensional, Lumpur Aktif modifikasi Anaerobic Oxic (AO), dan Bak Pengendapan kedua (Secondary Clarifier).

a. Lumpur Aktif Konvensional

Lumpur aktif (activated sludge) berfungsi untuk menghilangkan limbah organik sederhana dan mudah terurai, organik kompleks seperti warna dan bau. Pada proses lumpur aktif ini juga dapat menghilangkan logam berat, serta menurunkan total padatan tersuspensi (TSS), COD, dan BOD. Berikut merupakan Tabel 4.10 kriteria desain yang digunakan pada unit Lumpur Aktif:

Tabel 4.10 Kriteria Desain Unit Lumpur Aktif (Activated Sludge)

Parameter	Besar Nilai Kriteria	Kriteria Digunakan
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 BOD5)	0,4 - 0,8	0.5

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Unit Bak Lumpur Aktif (Activated Sludge)

DATA PERENCANAAN		
Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah unit	1	buah
Debit (Q)	0.024	m ³ /s
Debit tiap bak (Q)	0.024	m ³ /s
	2037.26	m ³ /hari
Kedalaman	3	m
Mean Cell Retention Time, θ_c	10	hari
K _s	50	mg BOD/l
Y	0.5	kg VSS/kg BOD ₅
K _d	0.05	/hari
MLSS (X)	3000	mg/l
	3	kg/l
Rasio P:L = 1:1		
Panjang	1	
Lebar	1	
BOD soluble influen	57.5	mg/l
BOD efluen	35.533	mg/l
Rasio BOD/BOD _u (f)	0.7	
Fraksi VSS/TSS (G)	0.85	nilai tipikalnya 0,8 - 0,85
Konsentrasi TSS pada efluen	26	mg/l
BOD efluen <i>suspended solid</i>	21.967	mg/l
PENYELESAIAN		
Y _{obs}	0.33	VSS/mg BOD
Total produksi VSS (P _x)	62.79	kg VSS/hari
Total produksi TSS (P _{xss})	78.49	kg TSS/hari
HRT	3.08	jam

HRT digunakan	3.25	jam
Volume Bak	275.88	m ³
Lebar	9.59	m
	9.59	m
Xe	20.8	
Kehilangan TSS pada effluent	52.97	kg TSS/hari
Kehilangan VSS pada effluent	42.38	kg VSS/hari
TSS in WAS	25.52	kg TSS/hari
VSS in WAS	20.42	kg VSS/hari
TSS ras	10000	mg/l
Q WAS	2.55	m ³ /hari
Q WAS digunakan	3	m ³ /hari
Q effluent	2034.71	m ³ /hari
Xr (Konsentrasi VSS pada RAS)	8000	VSS/l
Qr (Q ras)	873.11	m ³ /hari
MLVSS (X)	2400	mg TSS/L
Rasio RAS	0.43	
F/M	0.4	mg BOD / mg VSS
Mass organic loading (MOL)	0.28	mg BOD/mg VSS hari
Volumetric organic loading (VOL)	0.68	kg BOD/m ³ hari
Kebutuhan oksigen (O ₂)	187.86	kg O ₂ /hari

b. Modifikasi Lumpur Aktif menggunakan Proses Anaerobic-Oxic (AO)

Tabel 4.12 Kriteria Desain Bak Anaerobic-Oxic (AO)

Kriteria AO		
Parameter	Nilai	Satuan
μ_{max} , Nitrifikasi	0.3-3	hari
K nitrifikasi	0.2-5	mg/L N-NH ₃
Y nitrifikasi	0.1-0.3	mg SSV/ mg N-NH ₃
DO min, N	2	mg/l
K DO, N	1-1.3	mg/l
Ks nitrifikasi	40-120	mg/l
Kd nitrifikasi	0.03-0.06	hari
Y BOD	0.4-0.8	g VSS per g BOD
	0.025-	
Kd BOD	0.075	hari
pH, N	7.2	

F proses dan kinetik N	1.5-3	
μ_{max} , Denitrifikasi	0.3-0.9	hari
Ks denitrifikasi	0.06-0.2	NO ₃ -1-N, mg/l
Y denitrifikasi	0.4-0.9	NO ₃ -1-N, mgVSS/mg
Kd denitrifikasi	0.04-0.08	hari
θ_T , DN	1.03-1.2	
DO max, DN	0.1	mg/l
HRT, θ		
Anaerobic	0.5-1.5	Jam
Oxic	0.5-1	Jam
Solid Retention time, θ_c	4.27	hari
MLSS	3000-4000	mg/l
Kriteria Desain		
Ks BOD	60	mg/l
Kn NH ₄	0.5	mg NH ₄ /l
Kd NH ₄	0.135	hari
Beban BOD Effluent	2.86	mg/l
Beban NH ₄ Effluent	2.04	mg/l
θ aerobik	3.08	mg/l
Volume bak	297.1	m ³
Luas Permukaan	99.03	m ²
Lebar	7.04	m
Panjang	14.07	m

Untuk melakukan penyisihan kandungan nutrisi berupa nitrogen dan fosfor dalam air limbah maka dilakukan modifikasi teknologi yaitu pada unit Activated Sludge dengan metode Anaerobic Oxic (AO). Pada metode Anaerobic-Oxic (AO) ini memiliki 2 langkah pengolahan yaitu Anaerobic dan Aerobic (Oxic). Berikut merupakan Tabel 4.12 hasil perhitungan teknologi AO:

4.13 Hasil Perhitungan Teknologi Anaerobic-Oxic (AO)

Bak Anaerobik		
Parameter	Nilai	Satuan
HRT	1.5	jam
Volume bak	127.33	m ³
Kedalaman (h)	3	m
Luas Permukaan	42.44	m ²

Rasio panjang : lebar	1;1	
Panjang	7	
Lebar	7	m
Volume	147	m ³
Daya Pengaduk	1.58	kW
Bak Aerobik (Oxic)		
Parameter	Nilai	Satuan
$\mu_{max, N}$	0.3	hari
Domin, N	2	mg/l
Kd, N	0.05	hari
Kdo, N	1	hari
pH	7.2	
F proses N	1.5	
F kinetik N	2	
Y N	0.2	g VSS/g NH ₄ -N
Y BOD	0.5	g VSS
Kd BOD	0.03	hari
DO max N	3	mg/l
Kedalaman bak	3	m
$\mu_{max, N}$	1.72	hari
$\theta_c N \text{ min}$	0.53	hari
$\theta_c N \text{ dibutuhkan}$	1.6	hari
$\theta_c N \text{ digunakan}$	9	hari
K'	3.8	hari
U nitrifikasi	0.81	hari
K nitrifikasi	4.24	
Kadar NH ₄ -N	1.14	mg/l
BOD untuk denitrifikasi	47.3	mg/l
BOD untuk deoksigenasi	8.86	mg/l
Y obs BOD	0.41	mg/l
Px BOD	32.94	mg/l
Y obs N	0.14	mg/l
Px N	4.11	mg/l
Px TVSS	37.05	mg/l

c. Bak Secondary Clarifier

Tabel 4.14 Kriteria Desain Bak Secondary Clarifier

Parameter	Besar Nilai Kriteria
Overflow Rate (OR) (m³/m² hari)	12 - 32
Solid Loading (kg/m² hari)	15 - 50
Radius (m)	3 - 60
Kedalaman Bak (m)	3,5 - 5,0

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Bak Secondary Clarifier

Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah unit	1	buah
Debit puncak (Q _p)	0.02358	m ³ /s
V lumpur rata-rata (VL)	2037.262	m ³ /hari
V lumpur rata-rata (VL)	2037.30	m ³ /hari
Rasio resirkulasi	125	
MLSS	3000	mg/l
	3	
Kedalaman bak	3.5	m
Waktu detensi (dt)	2	jam
PENYELESAIAN		
Limiting Solid - Loading Rate (SF)	100	kg/m ²
Luas permukaan (A bak)	61.12	m ²
Diameter bak (Dbak)	8.824	m
Luas bak aktual	61.118	m ²
Overflow Rate (OR)	33.33	m ³ /m ² hari
Volume clarifier	213.91	kg/m ² hari
Waktu detensi (dt)	2.52	jam

4.3.3 Perhitungan Tertiary Treatment

A. Klorinasi

Tabel 4.16 Kriteria Desain Unit Bak Klorinasi

Parameter	Besar Nilai Kriteria
pH optimum	6 – 7
Dosis desinfeksi (mg/L)	2 – 8
Waktu kontak (menit)	15 – 45
Kadar klor dalam kaporit	70%
Berat jenis kaporit (ρ) (kg/L)	0.8 – 0.88

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Klorinasi

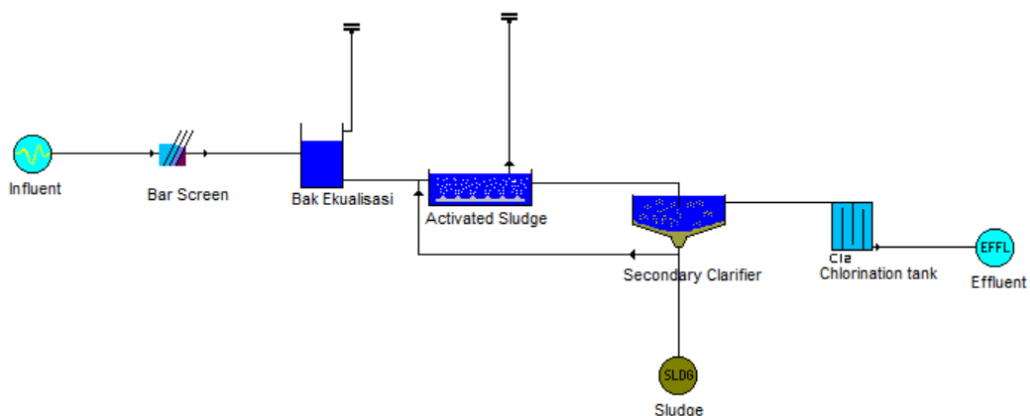
Parameter	Nilai	Satuan
Debit dari sedimentasi	2037.262	m ³ /hari
Dosis klor yang diberikan	2	mg/L
Kadar klor	0.7	
Waktu detensi	15	menit
Jumlah bak pelarut	1	buah
Panjang bak pelarut	5	m
Lebar bak pelarut	3	m
Kedalaman bak pelarut	1.5	m
Jumlah sekat	4	buah
Jarak sekat	0.75	m
Jumlah bak pembunuh	1	buah
Panjang bak pembunuh	2.5	m
Lebar bak pembunuh	2.5	m
Kedalaman bak pembunuh	1.5	m
PENYELESAIAN		
Volume bak pelarut	22.5	m ³
Rasio kedalaman : lebar	2	OK
Rasio panjang : lebar	6.67	OK
Kebutuhan klor	4.07	kg/hari
Kebutuhan kaporit dalam larutan	5.82	kg/hari
Volume bak pembunuh	9.38	m ³
Waktu kontak pada Qpeak (t)	0.00460	jam

4.4 Simulasi Pemodelan IPAL Menggunakan Software STOAT

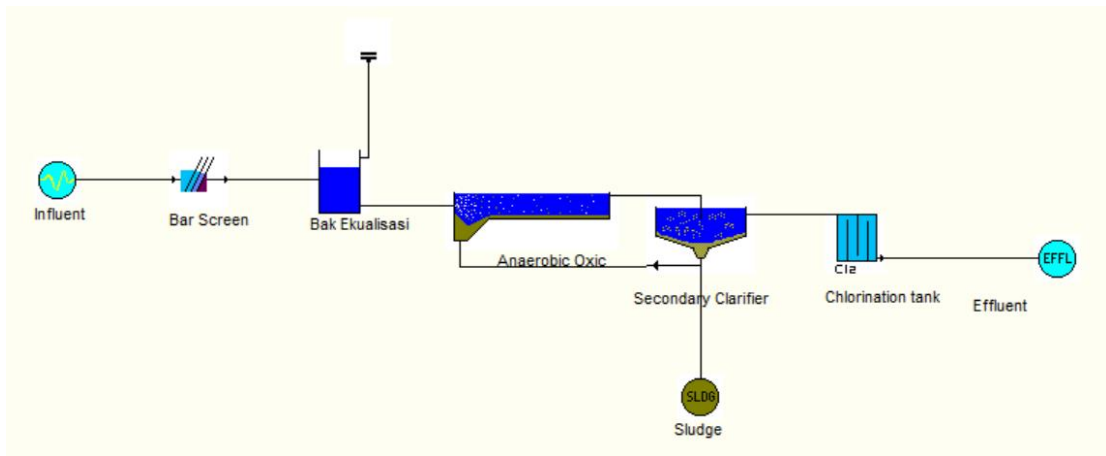
4.4.1 Skenario Simulasi Pemodelan IPAL

Pengolahan air limbah domestik dengan proses lumpur aktif konvensional secara umum terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi dan bak pengendap akhir, serta bak khlorinasi untuk membunuh bakteri patogen. Air limbah yang berasal dari ditampung ke dalam bak penampung air limbah. Bak penampung ini berfungsi sebagai bak pengatur debit air limbah serta dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Kemudian, air limbah dalam bak penampung di pompa ke bak pengendap awal.

Dalam penelitian ini, dilakukan 2 skenario pemodelan yang akan dibandingkan untuk mengetahui pengolahan dengan performa terbaik. Skenario pertama dibuat pemodelan IPAL yang terdiri dari Bar Screen, Equalization Tank, Activated Sludge, Secondary Clarifier, dan Chlorine Tank. Pada Secondary Treatment proses yang digunakan yaitu dengan proses lumpur aktif konvensional dimana hanya terdapat proses aerobik. Sedangkan untuk skenario kedua proses pengolahan air limbah pada unit Activated Sludge akan dimodifikasi dengan proses *Anaerobic-Oxic* (AO). Model yang akan digunakan pada unit Activated Sludge ini yaitu ASAL1A dimana model ASAL1A tersebut merupakan kode proses modifikasi Activated Sludge yang digunakan untuk penyisihan nitrogen dan fosfor. Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 berikut merupakan layout simulasi pemodelan dari 2 skenario:



Gambar 4.6 Layout Simulasi Pemodelan Skenario 1 pada Software STOAT



Gambar 4.7 Layout Simulasi Pemodelan Skenario 2 pada Software STOAT

Dalam menjalankan simulasi menggunakan *software* STOAT, didapatkan hasil influent yang dapat dilihat bagaimana kemampuan dalam menyisihkan kadar nitrogen dan fosfor. Gambar 4.8 merupakan influent profil IPAL X menggunakan *software* STOAT versi 5.0

	Elapsed time (h)	Flow (m ³ /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)
1	0.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
2	1.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
3	2.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
4	3.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
5	4.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
6	5.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
7	6.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
8	7.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
9	8.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
10	9.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
11	10.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
12	11.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
13	12.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
14	13.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
15	14.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
16	15.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
17	16.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
18	17.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
19	18.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
20	19.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
21	20.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
22	21.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
23	22.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000
24	23.000000	86.400000	20.000000	7.000000	3.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000

Gambar 4.8 *Influent Profile* IPAL X menggunakan *Software* STOAT versi 5.0

Simulasi pada perencanaan IPAL X dalam penelitian ini terdapat perbedaan dalam pengerjaan 2 skenario tersebut. Perbedaan ini terdapat diantara model yang digunakan dan *Number of MLSS recycle of stages*. Pada *Conventional Activated Sludge* hanya terdapat 1 fase saja yaitu fase aerobic, sedangkan pada *Activated Sludge* metode *Anaerobic-Oxic* (AO) terdapat 2 fase, yaitu Anaerobic dan Oxic. Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 merupakan perbedaan dari 2 skenario yang digunakan:

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Name: Activated Sludge

Process model: ASAL5A → **Model**

Volume (m³): 275.88

Number of stages: 2 → **Jumlah fase**

Number of MLSS recycles: 0 → **Jumlah resirkulasi**

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

Gambar 4.9 Model Skenario 1 pada *Software* STOAT

Name: Anaerobic Oxid

Process model: ASAL1A

Volume (m³): 127.33

Number of stages: 2

Number of MLSS recycles: 0

Wastage method

- None
- Continuous rate
- Variable rate
- Variable time

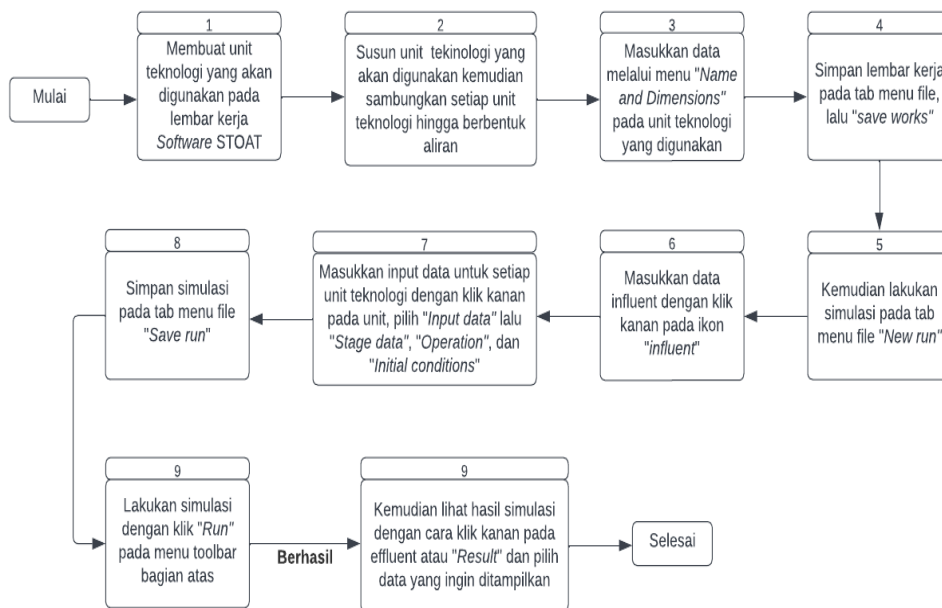
Stage from which MLSS is wasted: 1

Stage in which MLSS is measured: 1

OK Cancel Reset More Help

Gambar 4.10 Model Skenario 2 pada *Software* STOAT

Untuk lebih jelas dalam mengerjakan tahapan menggunakan *software* STOAT dapat dilihat melalui diagram alir pengerjaan yang terdapat pada Gambar 4.11 berikut ini:



Gambar 4.11 Tahapan Pengerjaan Model dengan Menggunakan *Software* STOAT

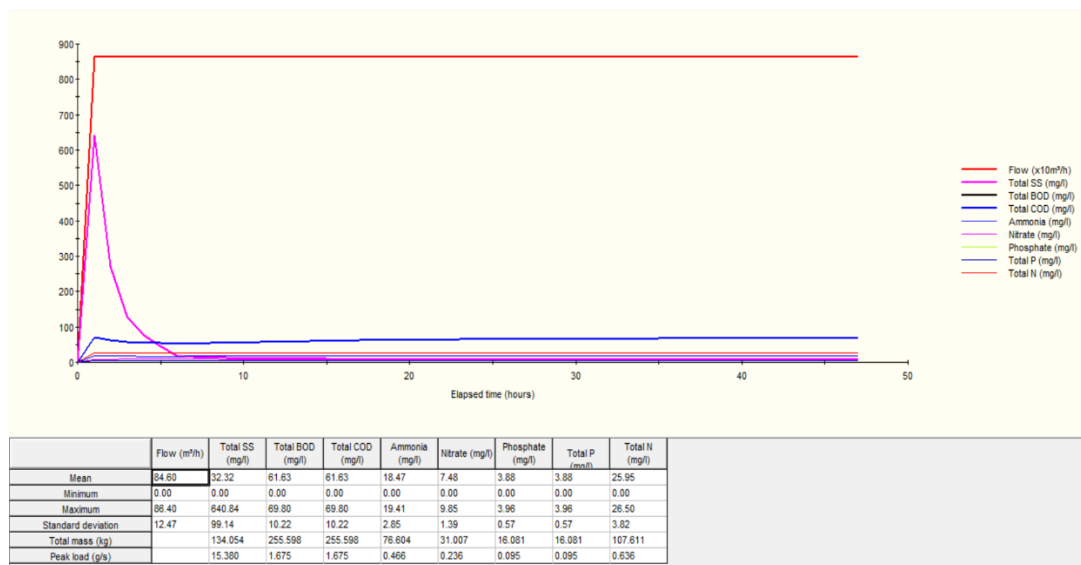
4.4.2 Hasil Performa Penyisihan Nutrien

Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan secara manual pada unit teknologi yang akan digunakan untuk merencanakan IPAL X. Hasil dari perhitungan tersebut akan digunakan untuk mensimulasikan kinerja pada IPAL X dengan menggunakan software STOAT versi 5.0. Data input seperti air limbah, kualitas air limbah, dan penunjang lainnya terdapat pada skenario 1 dan skenario 2 dengan menggunakan data yang sama.

4.4.2.1 Hasil Skenario 1

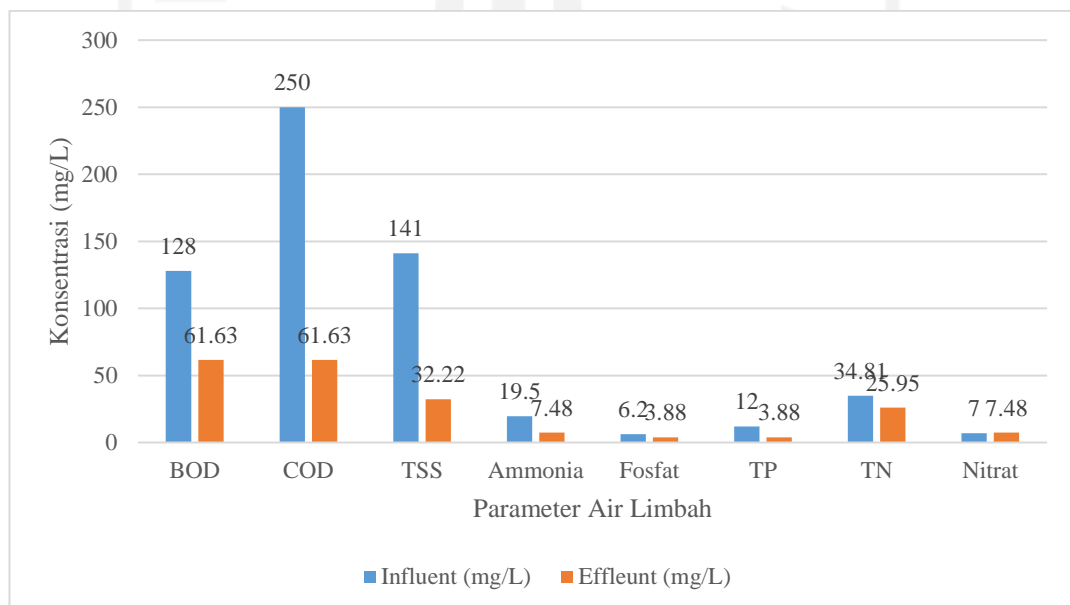
Pada skenario 1, IPAL yang direncanakan menggunakan pengolahan Activated Sludge konvensional. Perbedaan dari ke dua skenario yaitu pada pengolahan biologis yang digunakan pada software STOAT. Pada simulasi ini, terdapat parameter khusus untuk menguji kemampuan Activated Sludge konvensional dalam menurunkan kandungan nitrogen dan fosfor pada air limbah. Parameter air limbah lainnya seperti BOD, COD, dan TSS diharapkan dapat berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan

Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Gambar 4.8 merupakan hasil simulasi pada skenario 1 dengan menggunakan software STOAT:



Gambar 4.12 Hasil Simulasi pada Skenario 1 Menggunakan software STOAT

Gambar 4.13 dibawah ini merupakan grafik hasil simulasi pada teknologi Activated Sludge konvensional menggunakan software STOAT:



Gambar 4.13 Grafik Hasil Simulasi Activated Sludge Konvensional

Dapat dilihat pada gambar Grafik 4.9, hasil yang didapatkan dari simulasi penyisihan nutrient pada IPAL X menggunakan skenario 1. Kandungan BOD mengalami penurunan dari 128 mg/l menjadi 61.63 mg/l dan telah memenuhi baku mutu, sedangkan kandungan COD juga mengalami penurunan dari 250 mg/l menjadi 61.63 mg/l yang sudah memenuhi baku mutu. Kemudian untuk parameter TSS mengalami penurunan dari 19.5 mg/l menjadi 18.4 mg/l, untuk parameter Ammonia, Fosfat, Total P dan Total N mengalami penurunan yang artinya sudah memenuhi baku mutu. Sedangkan kandungan Nitrat sendiri mengalami kenaikan dari 7 mg/l menjadi 7.48 mg/l, sehingga tidak memenuhi baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan.

Tabel 4.18 Hasil Simulasi pada Skenario 1

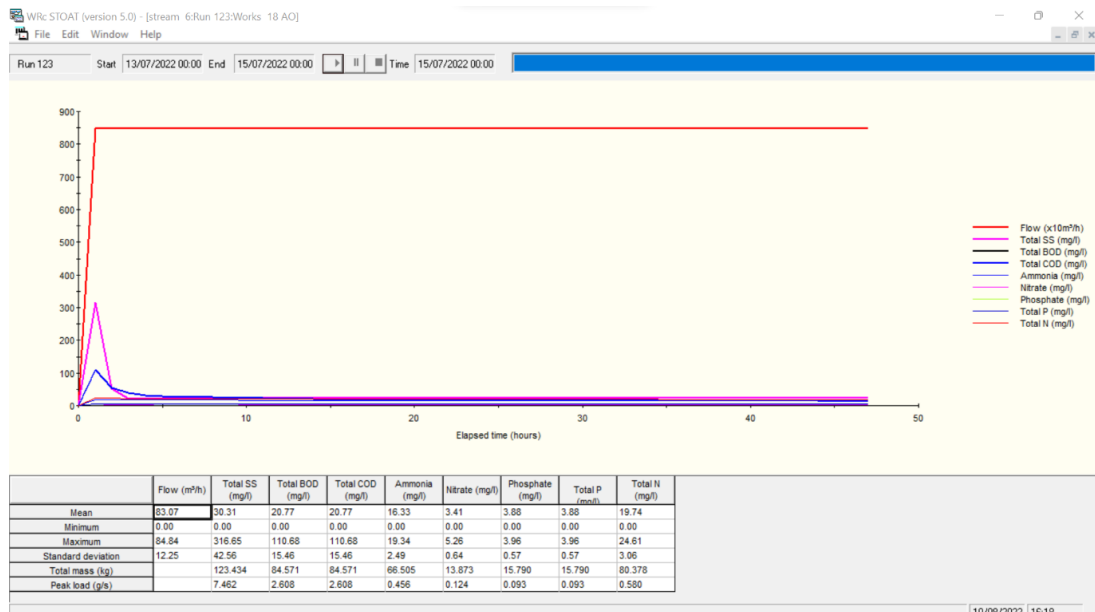
Parameter	Konsentrasi Air Limbah (mg/l)		Baku mutu	Status
	Influent	Model CAS		
TSS ^(1,2)	141	32.22	30	TM
BOD ⁽²⁾	128	61.63	30	TM
COD ⁽³⁾	250	61.63	100	M
Ammonia ⁽⁴⁾	19.5	18.47	10	TM
Nitrat ⁽⁴⁾	7	7.48	-	-
Fosfat ⁽⁶⁾	6.2	3.88	-	-
TP ⁽⁴⁾	12	3.88	-	-
TN ⁽³⁾	34.81	25.95	-	-

Sumber: (1) Ikkal (2016); (2) Pitoyo, E., Hendriarianti, E., Karnaningroem, N., Lingkungan, T., Teknik, F., & Teknologi, I. (2017); (3) Dieu, T. T. M., Mai, H. N. P., & K., S. T. (2016). (4) Sabben, A. H., Ngadi, N., Noor, Z. Z., Raheem, A.B., Agouillal, F., Mohammad, A. A., & Abdulkarim, (2018). (5) Lumunon, E., Riogilang, H., & Supit, C. (2021). (6) Mushinin. (2019).

4.4.2.2 Hasil Simulasi Skenario 2

Pada skenario 2, teknologi pengolahan biologis yang digunakan pada IPAL X adalah BNR-Anaerobic-Oxic (AO). Pada skenario 2 ini diharapkan dapat memperoleh hasil yang lebih baik untuk kadar effluent dalam perencanaan IPAL X

dibandingkan dengan skenario 1 yang menggunakan Activated Sludge Konvensional. Dalam skenario 2 yang harus diperhatikan yaitu TSS, BOD, COD, Ammonia, Fosfat, Total P dan Total N pada effluent. Gambar 4.10 merupakan hasil simulasi pada skenario 2:



Gambar 4.14 Hasil Simulasi pada Skenario 2

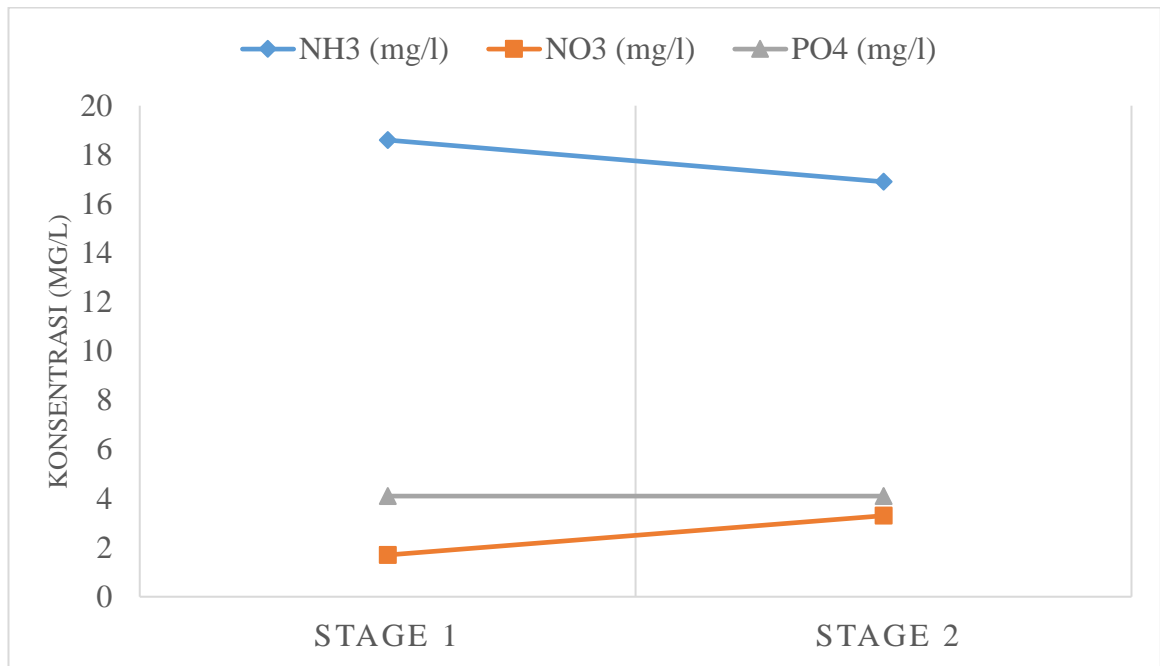
Gambar 4.11 merupakan grafik hasil simulasi pada teknologi Anaerobic-Oxic menggunakan software STOAT:

P., & K., S. T. (2016). (4) Sabben, A. H., Ngadi, N., Noor, Z. Z., Raheem, A.B., Agouillal, F., Mohammad, A. A., & Abdulkarim, (2018). (5) Lumunon, E., Riogilang, H., & Supit, C. (2021). (6) Mushinin. (2019).

Berdasarkan hasil simulasi teknologi *Anaerobic-Oxic* (AO) dengan menggunakan *software* STOAT pada Tabel 4.19, dapat diketahui nilai konsentrasi seperti Ammonia dengan hasil minimum, maksimum, dan mean, kemudian nilai konsentrasi Nitrat dengan hasil minimum, maksimum, dan mean, dan nilai konsentrasi Posfat dengan hasil minimum, maksimum, dan mean pada setiap jam selama 48 jam. Tabel 4.20 merupakan nilai konsentrasi pada tiap stage dan Gambar 4.16 merupakan grafik dari konsentrasi TN dan TP pada teknologi *Anaerobic-Oxic* (AO) berikut ini:

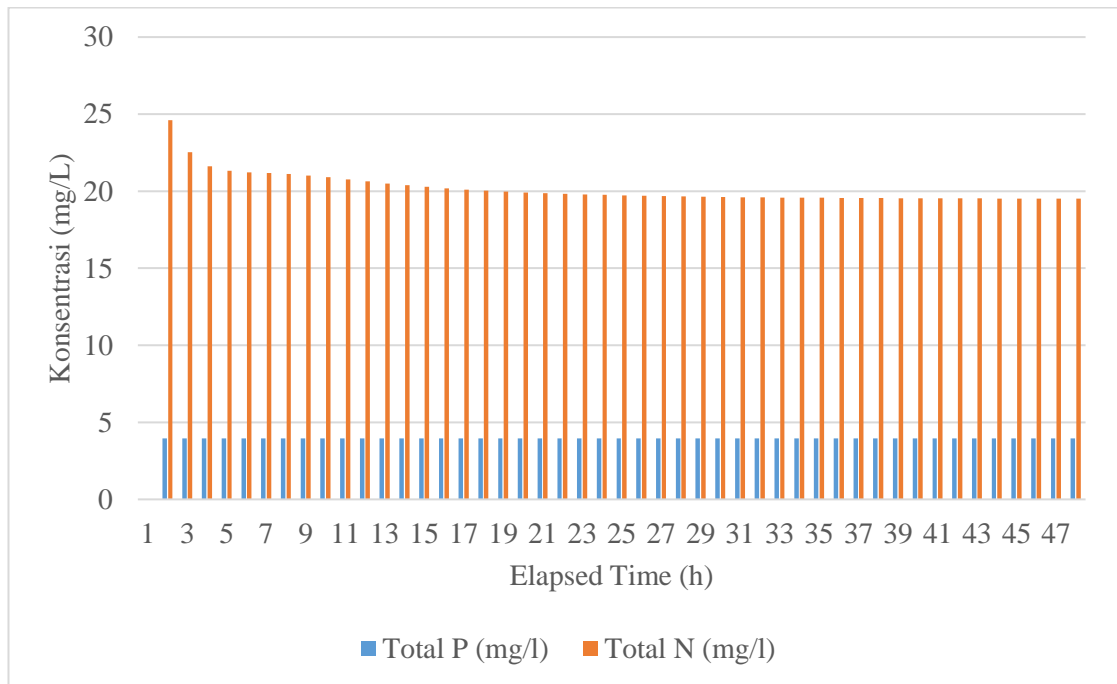
Tabel 4.20 Konsentrasi Mean Minimum Maximum Pada Setiap Stage

	Stage	NH3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	PO4 (mg/l)
Mean	1	19	1.7	4.1
	2	16.9	3.3	4.1
Minimum	1	18.1	0	4
	2	16.3	0	4
Maximum	1	36.8	2.7	9.2
	2	33.3	4.2	8.3

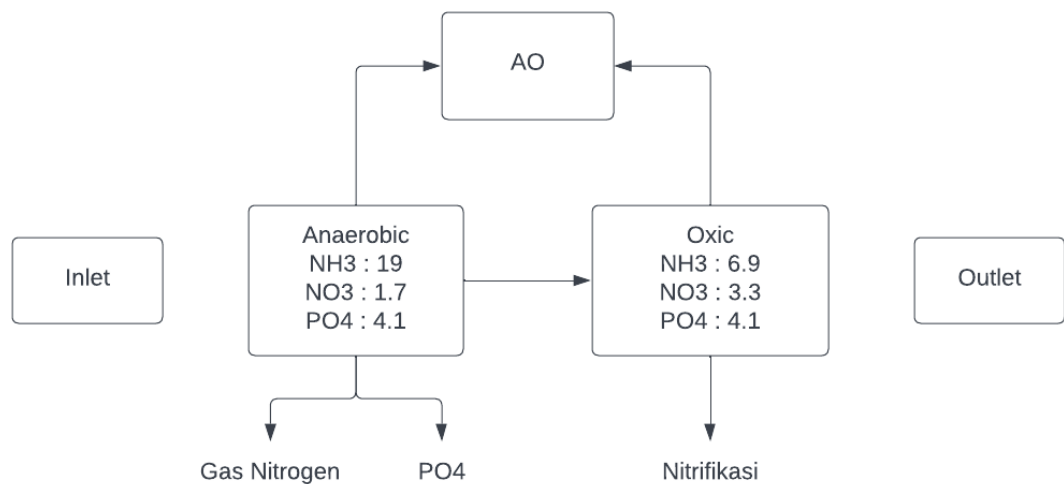


Gambar 4.16 Grafik Mean pada Teknologi *Anaerobic-Oxic*

Dari gambar 4.16 dinyatakan bahwa penyisihan senyawa TN dapat dilihat pada senyawa ammonia dan senyawa nitra, sedangkan senyawa TP dapat dilihat dari senyawa fosfor. Pada senyawa ammonia terjadi penurunan konsentrasi, hal tersebut terjadi dikarenakan senyawa ammonia yang berada didalam air limbah dioksidasi menjadi nitrit dengan bakteri autotrof kemudian akan dilepaskan ke udara sehingga menghasilkan gas nitrogen. Gambar 4.17 merupakan grafik perbandingan konsentrasi TN dan TP:



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Konsentrasi TN dan TP



Gambar 4.18 Skema Proses setiap Stage Anaerobic Oxic

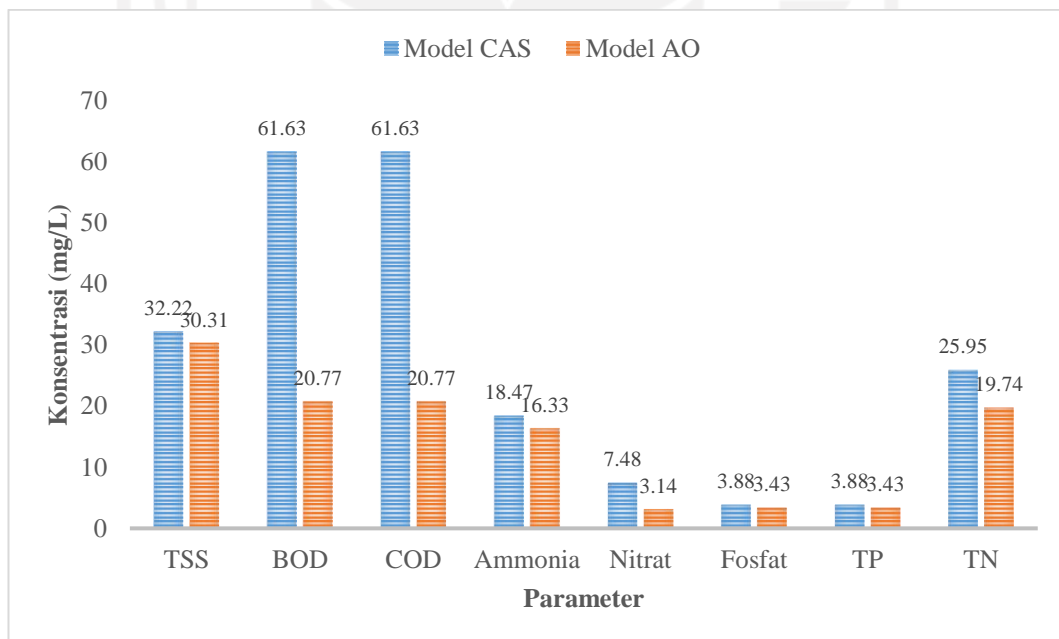
4.5 Perbandingan Hasil Simulasi Nutrien pada IPAL X menggunakan (CAS) dan (AO)

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan pada skenario 1 dan skenario 2, parameter yang menjadi acuan yaitu Total P dan Total N yang akan dibandingkan

menggunakan Activated Sludge modifikasi AO. Tabel 4.20 dan Gambar 4.12 merupakan perbandingan dari hasil simulasi software STOAT:

Tabel 4.21 Perbandingan Hasil Simulasi Pemodelan Skenario 1 dan Skenario 2

Parameter	Konsentrasi Air Limbah (mg/l)			Persentase Penyisihan	
	Influent	Model CAS	Model AO	CAS	AO
TSS	141	32.22	30.31	77%	79%
BOD	128	61.63	20.77	52%	84%
COD	250	61.63	20.77	75%	92%
Ammonia	19.5	18.47	16.33	5%	16%
Nitrat	7	7.48	3.14	-7%	55%
Fosfat	6.2	3.88	3.43	37%	71%
TP	12	3.88	3.43	68%	71%
TN	34.81	25.95	19.74	25%	43%



Gambar 4.19 Perbandingan Hasil Simulasi Skenario 1 dan Skenario 2

Dari hasil perhitungan kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh CAS (*Conventional Activated Sludge*) dan AO (*Anaerobic-Oxic*), didapatkan hasil kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh bakteri yang bekerja dalam fase Aerobic pada CAS adalah sebesar 86.64 kg O₂/hari. Sedangkan pada *Anaerobic-Oxic* adalah

sebesar 145.75 kg O₂/hari. Sehingga dapat diketahui bahwa *Anaerobic-Oxic* mengkonsumsi energi yang cukup besar dibandingkan dengan teknologi *Conventional Activated Sludge*.

4.6 Analisis SWOT pada IPAL menggunakan Unit Activated Sludge dan Anaerobic-Oxic

Untuk mengetahui dari ke dua skenario yang sudah dilakukan maka akan dilakukan analisa SWOT. Analisa SWOT merupakan metode yang digunakan untuk menentukan berbagai faktor yang bertujuan untuk merumuskan strategi sistem pengolahan air limbah pada IPAL X. Pada analisa SWOT ini perlu dilakukannya perhitungan skoring dan pembobotan untuk mengetahui total analisis SWOT. Dibawah ini merupakan Tabel 4.21 dan Tabel 4.22 yang didapatkan dari hasil analisis SWOT untuk perencanaan IPAL X dengan menggunakan skenario 1 unit Activated Sludge dan skenario 2 unit *Anaerobic-Oxic*.

Tabel 4.22 Analisis SWOT Skenario 1

No	Strength (Kekuatan)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Dapat menghilangkan bahan organik	4	3	12
2.	Biaya investasi rendah	4	3	12
Total Strength				24
No	Weaknesse (Kelemahan)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Tidak dapat menyisihkan nutrisi	4	4	16
2.	Mebutuhkan lahan yang luas	3	3	9
3.	Biaya operasional yang tinggi	2	2	4
Total Weakness				29
Selisih S-W				-5
No	Oppurtunities (Peluang)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Memperbaiki sanitasi lingkungan	3	4	12
2.	Air limbah terolah dengan baik	3	4	12
Total Oppurtunities				24
No	Threats (Ancaman)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Tidak terdapat baku mutu kada Total N dan Total P	4	4	16

2.	Penurunan kualitas perairan karena adanya eutrofikasi	3	4	12
Total Threats				28
Selisih O-T				-4

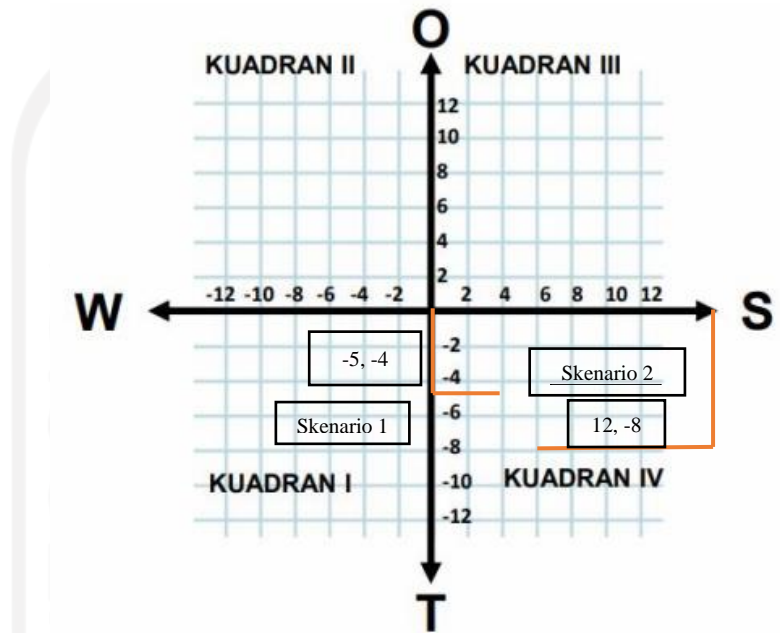
Tabel 4.23 Analisis SWOT Skenario 2

No	Strength (Kekuatan)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Mampu menurunkan kadar nutrient	4	3	12
2.	Biaya operasional rendah	3	3	9
3.	Mampu menyisihkan senyawa organik	4	3	12
Total Strength				33
No	Weakness (Kelemahan)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Kebutuhan lahan yang cukup besar	4	3	12
2.	Biaya investasi tinggi	3	3	9
Total Weakness				21
Selisih S-W				12
No	Oppurtunities (Peluang)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Perbaikan sanitasi	3	2	6
2.	Dapat mengolah air limbah	3	2	6
Total Oppurtunities				12
No	Threats (Ancaman)	Skor	Pembobotan	Total
1.	Tidak terdapat baku mutu TN dan TP	4	4	16
2.	Pemantauan secara rutin	2	2	4
Total Threats				20
Selisih O-T				-8

Dari analisa SWOT yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada skenario 1 diperoleh nilai selisih S-W sebesar -5 dan selisih O-T sebesar -4. Sedangkan pada skenario 2 nilai selisih S-W sebesar 12 dan selisih O-T sebesar -8. Untuk menentukan nilai selisih S-W dan O-T maka dilakukan dengan mengukur pada grafik, pada skenario 1 terletak pada kuadran pertama dimana nilai X dan Y bernilai negatif, sedangkan pada skenario 2 terletak pada kuadran ke empat dimana nilai X bernilai positif dan nilai Y bernilai negatif. Dari hasil grafik yang didapat menentukan bahwa teknologi Anaerobic-Oxic (AO) merupakan teknologi yang dapat dikembangkan dalam melakukan penyisihan nitrogen dan fosfor. Hal ini

dikarenakan pada skenario 2 didapatkan hasil yang bernilai positif pada selisih S-W, sehingga dapat diletakkan pada grafik dikuadran ke IV.

Untuk lebih jelasnya Gambar 4.13 merupakan grafik kuadran pada skenario 1 dan skenario 2:



Gambar 4.13 Grafik Kuadran Analisis SWOT



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini :

1. Dari perhitungan manual yang sudah dilakukan pada kedua tahap skenario yaitu IPAL X menggunakan teknologi *Activated Sludge* dan AO akan didapatkan hasil dari tiap teknologi berupa dimensi tiap unit bak seperti HRT, Q RAS (Debit Return Activated Sludge), Q WAS (Debit Waste Activated Sludge) dan Q MLR (Debit Mixed Liwuor Recycle) yang digunakan untuk proses simulasi pemodelan dengan menggunakan *software* STOAT.
2. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *software* STOAT versi 5.0 dalam menyisihkan kandungan TN dan TP. Persentase yang didapatkan dari penyisihan nutrient pada Lumpur Aktif Konvensional untuk parameter TN yaitu 25% dan untuk parameter TP yaitu 67%. Sedangkan persentase dari penyisihan nutrien TN dan TP pada unit *Anaerobic-Oxic* didapatkan hasil bahwa parameter TN sebesar 46% dan TP sebesar 71%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa unit *Anaerobic-Oxic* mampu untuk menyisihkan nutrient nitrogen dan fosfor dalam air limbah. Untuk kelebihan dan kekurangan dari 2 teknologi tersebut dapat disimpulkan bahwa Kelebihan dari teknologi CAS (*Conventional Activated Sludge*) yaitu mampu menurunkan bahan organik dengan biaya investasi yang cukup rendah dapat dibuktikan dari hasil simulasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini. Sedangkan kekurangan dari teknologi CAS ini yaitu biaya operasional yang cukup besar, membutuhkan lahan yang luas, serta hasil effluent tidak lebih baik dari AO.

Kelebihan teknologi *Anaerobic Oxic* yaitu mampu menyisihkan kadar nitrogen dan fosfor serta hasil effluent lebih baik dari teknologi CAS. Sedangkan kekurangan dari teknologi AO membutuhkan lahan lebih besar,

energi yang dibutuhkan cukup besar, kebutuhan oksigen lebih banyak dibanding dengan teknologi CAS.

3. Hasil dari analisis SWOT yang telah dilakukan pada lumpur aktif konvensional dan juga lumpur aktif AO, pada teknologi lumpur aktif AO menempati kuadran IV dimana teknologi lumpur aktif AO memiliki peran yang baik terhadap penyisihan nutrisi parameter TN dan TP pada air limbah. Sedangkan teknologi lumpur aktif konvensional menempati pada kuadran I, dimana lumpur aktif konvensional tidak mampu dalam melakukan penyisihan nutrisi pada parameter TN dan TP.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada peneliti yang hendak melakukan penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukannya kalibrasi data terlebih dahulu sebelum melakukan simulasi dengan menggunakan pemodelan software STOAT agar hasil simulasi data yang diperoleh sesuai.
2. Dalam perencanaan sebelumnya diperlukan perencanaan lebih lanjut terkait DED tiap unit IPAL dan BOQ-RAB agar dapat menjadi pertimbangan untuk merencanakan IPAL selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Agung pangestu Nugroho, B. U. 2018. *Analisis Sistem Jaringan Perpipaan Penyalur Air Limbah di Kawasan Universitas Sebelas Maret Surakarta*.
- Anonim, 2008. *Water treatment & air purification Holding*. Diakses dari <http://lenntech.com/Disinfectants/Chlori>. Pada tanggal 2 Agustus 2009.
- Anderson, P. 2010. *Activated Sludge Desain, Sturtup, Operation, Monitoring, and Troubleshooting*. Ohio Water Environment Association.
- Amalia. Alif, Wahyu Hidayat, Agung Budiarmo. 2012. *Analisis Strategi Pengembangan Usaha Pada UKM Batik*. Jurnal Administrasi Bisnis vol. 1 No. 1.
- Bengston, H.H.2017. *Biological Wastewater Treatment Proces Design Calculation*. Emeritus Professor of Civil Engineering: Southern Illinois University Edwardsville.
- David, F. R. (2009). *Manajemen Strategis Konsep*. Jakarta: Salemba Empat.
- Diya'uddeen, B.H., Daud, W.M.A.W., Abdul Aziz, A.R., 2011. *Treatment technologies for 1 petroleum refinery effluents: A review*. Process Saf. Environ. 89(2): 95-105.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Findo DP, Maxell. Hartini Eko. 2013. *Penurunan Kandungan Zat Besi (Fe) dalam Air Sumur Gali Dengan Metode Aerasi*. Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Dian Nuswantoro, Semarang

- Freddy Rangkuti. 2004. *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis, PT. Graedia*. Jakarta
- Ghina, O. P., Minhaj., Pratama, A. M., Aditya S., S., and Hartono, M. D. (2020). *Modeling performance of industrial park wastewater treatment plant by STOAT software*: Universitas Indonesia.
- James E. Huff, P.E., & Darry Casrtensen. P.E. (2015). *Phosphorus Removal Feasibility Report For Barrington Wastewater Treatment Facility*.
- Mara, D. Duncan. 2004. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: Earthscan.
- Metcalf & Eddy, Inc. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. Singapore: Mc Graw-Hill.
- Metcalf dan Eddy, inc. 2003. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-hill,inc USA
- Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. 2004. *Wastewater Engineering Treatment And Reuse (4th ed)*. Mc. Graw Hill. Singapore.
- Mohamadi, F., Rahimi, S., Bina B and Amin, M., M. (2015). *Modeling of Activated Sludge with ASM1 Model, case study on Wastewater Treatment Plant of South of Isfahan*. Vol. 10.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut. Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Paramita, P., Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2012). *Biodegradasi limbah organik pasar dengan menggunakan mikroorganisme alami tangki septik*. Jurnal Sains dan Seni ITS, 1(Sept, 2012).

- Sholichin, M. 2012. *Pengolahan Air Limbah: Proses Pengolahan Air Limbah Tersuspensi*. Universitas Brawijaya.
- Simbolon, A.R. 2016. *Pencemaran Bahan Organik Dan Eutrofikasi Di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang*. Jurnal ProLife. Vol. 3. No.2.
- Sugiarto. 2008. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Supradata. (2005). *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF Wetlands)*, Tesis.
- Wang W., Shi C., Yang J., Zeng M., Dai Z., dan Zhang Z. (2019). *Modeling performance of oxidation dit chin wastewater treatment plant by STOAT software*. IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci. 300 032065.
- Widiyadari, I. P. (2008). *Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Limbah Di Kelurahan Jomblang Kota Semarang*. Semarang: MPWK UNDIP.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN I

A. Proyeksi Jumlah 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 dari tahun 2010 hingga tahun 2021:

Tabel 1.1 Jumlah Penduduk

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%
Jumlah		128224	1606	22.30%
Rerata		10685	178	1.86%

b. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika

Adapun tahapan pengerjaan data statistik penduduk Kecamatan Margasari menggunakan metode aritmatik sebagai berikut :

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

$$Ka = \frac{P_{20}-P_9}{T_{20}-T_9}$$

Dimana :

Ka = Konstanta aritmatik

P₂₁ = Jumlah penduduk tahun terakhir

P₁₀ = Jumlah penduduk tahun awal

T₂₁ = Tahun terakhir

T₁₀ = Tahun awal

Contoh perhitungan :

$$Ka = \frac{P_{21}-P_{10}}{T_{21}-T_{10}} = \frac{14858 - 12061}{2021 - 2010} = 222 \text{ jiwa/tahun}$$

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

$$Y_i = P_o + (ka.n)$$

Dimana :

Y_i = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk tahun dasar (terakhir)

Ka = 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:

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

c. Proyeksi Penduduk Metode Geometri

Adapun tahapan pengerjaan data statistik penduduk Kecamatan Margasari menggunakan metode geometri sebagai berikut :

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

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

Contoh perhitungan :

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

2. Mencari proyeksi penduduk dari data yang didapatkan pada tahun 2010-2021 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 :

$$Y_i = P_o (1 + r)^n = 114858 + (1 + 0.0186)^{(3-12)}$$

$Y_i = 10206$ 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 :

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6053778}{12-1}} = 710.27$$

d. 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 :

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n} = \frac{128224 - (78 \times 194.74)}{12} = 94919.52$$

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 :

$$Y_i = a + bx$$

$$Y_i = 94919.52 + (194.74 \times 3) = 10004 \text{ jiwa}$$

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 :

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

d. Perhitungan Debit

- Jumlah penduduk terlayani = 13899 Jiwa
- Persentase Pelayanan = 100%
- Jumlah Penduduk Terlayani
= jumlah penduduk x persentase pelayanan
= 13899 Jiwa x 100%
= 13899 Jiwa
- Jumlah pemakaian air = 60 L/org/hari
- Kebutuhan Air Bersih
= Jumlah penduduk terlayani 2022 x Jumlah pemakaian air
= 13899 Jiwa x 60 L/org/hari
= 833913.8 L/hari
= 9.652 L/s
- Faktor puncak (Fp)

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

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

$$= 2.954$$

- Debit rata-rata (Qr)

$$= 80\% \times Q_{\text{total}}$$

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

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

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

- Debit infiltrasi (Qinf)

$$= 10\% \times Q_r$$

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

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

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

- Debit puncak (Qpeak)

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

$$= (2.894 \times 7.721 \text{ L/s}) + 0.772 \text{ L/s}$$

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

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

A. Tabel Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Aritmatik (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean) ²
			Jiwa	Ratio			
2010	1	9645	-	0.00%	9645	-1224	1496952
2011	2	9839	194	1.97%	9867	-1001	1002092
2012	3	10028	189	1.88%	10090	-779	606204
2013	4	10216	188	1.84%	10312	-556	309288
2014	5	10399	183	1.76%	10535	-334	111344
2015	6	10578	179	1.69%	10757	-111	12372
2016	7	10755	177	1.65%	10980	111	12372
2017	8	10926	171	1.57%	11202	334	111344
2018	9	11091	165	1.49%	11425	556	309288
2019	10	11251	160	1.42%	11647	779	606204
2020	11	11404	153	1.34%	11870	1001	1002092
2021	12	12092	688	5.69%	12092	1224	1496952
Jumlah	78	128224	1606	22.30%	106460		7076502
Rerata		10685	178.44	1.86%	10869		589708
Standar Deviasi		767.92					

B. Tabel Proyeksi Penduduk Metode Geometri

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Geometrik (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean) ²	
			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	
Jumlah	78	128224	1606	22.30%	131097		6053778	
Rerata		10685	178.44	1.86%	10925		504481	
Standar Deviasi		710.27						

C. Tabel Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Tahun	Tahun Ke- n (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X ²	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Least Square (Yi)	(Yi- Ymean)	(Yi- Ymean) ²
					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
Jumlah	78	128224	861304	650	2447	22.30%	128224		5423154.57
Rerata		10685	71775.33	54.17	222.45	1.86%	10685		451929.55
Standar Deviasi		672.26							

LAMPIRAN II

PERHITUNGAN MANUAL

A. Bar Screen

Berikut merupakan detail perhitungan pada unit Bar Screen:

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 m³ /detik
- e. Jumlah celah = 50 buah
- f. Lebar jarak screen = 25 mm
- g. Lebar batang screen = 4 mm
- h. Kedalaman air dalam pipa
= 80% x Diameter Pipa
= 80% x 0.5 m
= 0.4 m

Perhitungan:

- a) Luas penampang bar = $\frac{Q_p}{V_p} = \frac{0,024}{0,6} = 0,039 \text{ m}^2$
- 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

$$= \text{jumlah celah} + 1$$

$$= 50 + 1$$

$$= 51 \text{ buah}$$

e) Lebar chamber

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

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

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

f) Koefisien efisien

$$= \frac{\text{Bukaan bersih}}{\text{Lebar chamber}} = \frac{51 \text{ buah} \times 25 \text{ mm}}{0,302 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 4,22$$

g) Kedalaman air (d_2) sebelum screening

$$\begin{aligned} Z_1 + d_1 + \frac{v^2}{2g} &= Z_2 + d_2 + \frac{V^2}{2g} + hL \\ Z_1 + d_1 + \frac{v^2}{2g} &= Z_2 + d_2 + \frac{V^2}{2g} + Ke \left(\frac{v1^2}{2g} - \frac{v2^2}{2g} \right) \\ 0 + 0,4 + \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} &= 0 + d_2 + \frac{\left(\frac{0,024}{0,302 \times d_2} \right)^2}{2 \times 9,81} + \left(0,3 \left(\frac{0,6^2}{2 \times 9,81} - \frac{\left(\frac{0,024}{0,302 \times d_2} \right)^2}{2 \times 9,81} \right) \right) \\ 0,42 &= d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + 0,3 \left(\frac{0,360}{19,62} - \frac{0,0006}{1,76 d_2^2} \right) \\ 0,42 &= d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + 0,3 \left(\frac{0,03 d_2^2 - 0,0006}{1,79 d_2^2} \right) \\ 0,42 &= d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + \frac{0,0099 d_2^2}{1,79 d_2^2} - \frac{0,0002}{1,79 d_2^2} \\ 0,42 &= \frac{1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 + 0,0004}{1,79 d_2^2} \\ 0,75 d_2^2 &= 1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 + 0,0004 \\ 0 &= 1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 - 0,75 d_2^2 + 0,0004 \\ 0 &= 1,79 d_2^3 - 0,7388 d_2^2 + 0,0004 \\ d_2 &= 0,41 \text{ m (trial and error)} \end{aligned}$$

h) Kecepatan aliran (V_2) sebelum screening

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

i) Kecepatan aliran V_2 melewati bar screen saat bersih

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

j) Headloss saat bersih

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

k) Kedalaman air (d_3) setelah screening

$$\begin{aligned} Z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{2g} &= Z_3 + d_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hL \\ 0 + 0,41 + \frac{0,19^2}{2 \times 9,81} &= 0 + d_3 + \frac{\left(\frac{0,024}{0,302 \times d_3}\right)^2}{2 \times 9,81} + 0,02 \\ 0,41 &= d_3 + \frac{0,0006}{1,79 d_3^2} + 0,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,41 &= \frac{1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2}{1,79 d_3^2} \\ 0,74 d_3^2 &= 1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2 \\ 0 &= 1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2 - 0,74 d_3^2 \\ 0 &= 1,79 d_3^3 - 0,70 d_3^2 + 0,0006 \\ d_3 &= 0,39 \text{ m (trial and error)} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran V_3 setelah screening

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

l) Kecepatan aliran (V_2') dan kedalaman air (d_2') saat headloss 50%

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

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

$$\begin{aligned} - H_{L50} &= \frac{V_{50}^2 - V_2'^2}{2g} \times \left(\frac{1}{0,7}\right) \\ &= \frac{\left(\frac{0,16}{d_2'}\right)^2 - \left(\frac{0,08}{d_2'}\right)^2}{2 \times 9,81} \times \left(\frac{1}{0,7}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\left(\frac{0,018}{d_2'^2}\right)}{19,62} \times \left(\frac{1}{0,7}\right) \\ &= \frac{0,018}{13,73 d_2'^2} \\ &= \frac{0,0013}{d_2'^2} \end{aligned}$$

- Menghitung $d_2'^2$

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

$$\begin{aligned}
d'_2 + \frac{(0,08)^2}{2 \times 9,81} &= 0,39 + \frac{0,20^2}{2 \times 9,81} + \frac{0,0013}{d'_2} \\
d'_2 + \frac{0,0061}{19,62 d'_2} &= 0,39 + 0,002 + \frac{0,0013}{d'_2} \\
-0,392 &= -d'_2 - \frac{0,0061}{19,62 d'_2} + \frac{0,0013}{d'_2} \\
-0,392 &= \frac{-19,62 d'_2^3 - 0,0061 + 0,03}{19,62 d'_2^2} \\
-7,69 d'_2^2 &= -19,62 d'_2^3 + 0,0201 \\
0 &= -19,62 d'_2^3 + 7,69 d'_2^2 + 0,0201 \\
d'_2 &= 0,4 \text{ m (trial n error)}
\end{aligned}$$

m) Kecepatan aliran V_2' saat clogging 50%

$$V_2' = \frac{Q_p}{d'_2 \times L_{saluran}} = \frac{0,024}{0,4 \times 0,302} = 0,195 \text{ m}^2/\text{s}$$

n) Headloss 50% clogging

$$H_{L50} = d'_2 - d_3 = 0,4 - 0,39 = 0,01 \text{ m}$$

B. Bak Ekualisaasi

Berikut ini merupakan detail perhitungan dari unit equalization tank:

Data perencanaan:

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

Perhitungan :

- a. Debit rata-rata = 27.80 m³/jam
 - b. Waktu tinggal = 1 jam
 - c. Volume bak = Debit puncak x waktu tinggal
= 27.80 m³/jam x 1 jam
= 27.80 m³
 - 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 m²
 - f. Dimensi bak = P : L = 1 : 1
- Panjang = $\sqrt{\text{Luas permukaan}}$
= $\sqrt{18.53 \text{ m}^2}$
= 4.3 m atau 4.5 m

Lebar = 4.3 m atau 4.5 m

g. Volume digunakan = P x L x T
 = 4.5 m x 4.5 m x 1.5 m
 = 30.375 m³

h. Head statis = 2 m

i. A pipa = $\frac{Q_{peak}}{Kecepatan (V)}$
 = $\frac{0.0234 \text{ m}^3/\text{detik}}{1 \text{ m}/\text{detik}}$
 = 0.024 m²

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 m

k. Hf mayor :

Hf discharge = $\frac{Q_{peak}}{(0.2785 \times Panjang \text{ pipa} \times D^2)^{1.85}} \times 0.5$
 = $\frac{0.0234 \text{ m}^3/\text{detik}}{(0.2785 \times 5 \text{ m} \times 0.1^2)^{1.85}} \times 0.5$
 = 1.32 m

l. Hf Minor :

n : 1

k : 0.25

Hf = $\frac{n \times (k \times V^2)}{2 \times 9.81}$
 = $\frac{1 \times (0.25 \times 1^2)}{2 \times 9.81}$
 = 0.013 m

m. Hf kecepatan = $\frac{V^2}{2 \times 9.81}$
 = $\frac{1^2}{2 \times 9.81}$
 = 0.051 m

n. H sisa tekan = 0.5 (asumsi)

o. Head total

= H statis + Hf discharge + Hf 90 + Hf kecepatan + H sisa tekan

= 2 m + 1.32 m + 0.013 m + 0.051 m + 0.5

= 3.89 m

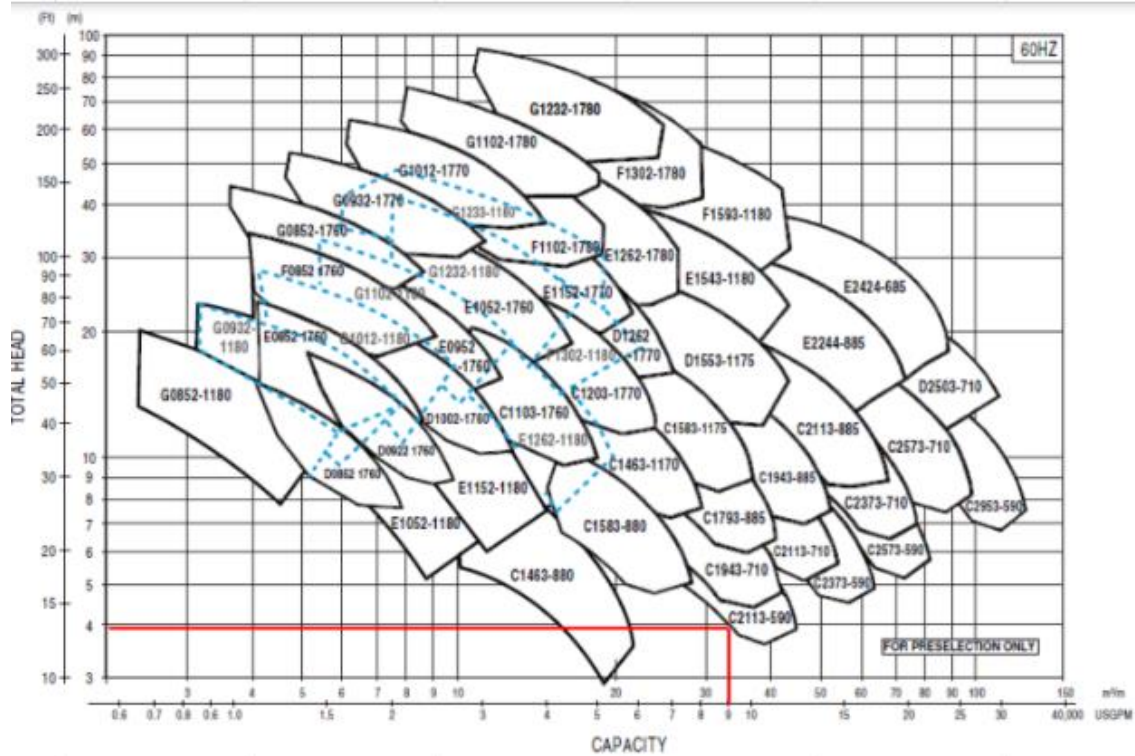
y : 9.8

η : 0.75

p. Perhitungan daya pompa

= $\frac{H_{total} \times y \times Q_{peak}}{\eta}$
 = $\frac{3.89 \text{ m} \times 9.8 \times 0.023 \text{ m}^3/\text{detik}}{0.75}$
 = 1.184 kW

q. Spesifikasi pompa : C1463-880



Gambar II.1 Spesifikasi Pompa pada unit equalization tank

C. Lumpur Aktif

Berikut merupakan perhitungan pada unit Lumpur Aktif:

Data Perencanaan:

- a. Jumlah unit = 1 buah
- b. Debit = 0.024 m³/s
= 2037.26 m³/hari
- c. Debit tiap bak = $\frac{Debit}{Jumlah\ unit}$
= $\frac{0.024\ m^3/s}{1\ buah}$
= 0.024 m³/s
- d. Kedalaman = 3 m
- e. Umur sel (θ_c) = 10 hari
- g. K_s = 50 mg BOD/l
- h. Y = 0.5 kg VSS/kg BOD₅
- i. K_d = 0.05 /hari
- j. MLSS (X) = 2500 mg/L
= 2.5 kg/L

- k. Rasio P:L = 1:1
- l. BOD Soluble influent = 57.5 mg/L
- m. Rasio BOD/BODu (f) = 0.7
- n. Fraksi VSS/TSS (G) = 0.85
- o. Konsentrasi TSS pada effluent = 26 mg/L
- p. 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
- q. BOD effluent
 = BOD soluble influent – BOD effluent *suspended solid*
 = 57.5 mg/L – 21.967 mg/L
 = 35.533 mg/L

Perhitungan :

a. Yobs

$$= \frac{r}{1+(kd \times \theta_c)}$$

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

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

b. Px

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

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

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

c. Total produksi TSS (Pxss)

$$= \frac{P_x}{0.8}$$

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

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

d. MLVSS

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

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

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

e. HRT

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

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

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

f. Volume

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

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

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

g. Lebar

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

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

$$= 10.64 \text{ m}$$

h. Panjang

$$= \text{lebar} \times \text{rasio panjang}$$

$$= 10.64 \times 1$$

$$= 10.64 \text{ m}$$

i. Xe

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

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

$$= 20.8$$

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 = 1000

o. Q WAS

$$= \frac{TSS \text{ in WAS}}{TSS \text{ ras} \times 0.001}$$

$$= \frac{114.48 \text{ kg TSS/hari}}{1000 \times 0.001}$$

$$= 11.45 \text{ m}^3/\text{hari} = 11 \text{ m}^3/\text{hari}$$

p. Konsentrasi VSS pada RAS (X_r)

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

$$= 0.8 \times 10000$$

$$= 8000 \text{ VSS/l}$$

q. Q RAS

$$= \left(\frac{MLVSS}{X_r - MLVSS} \right) \times Q$$

$$= \left(\frac{2000 \frac{mg}{l}}{8000 \frac{VSS}{l} - 2400 \frac{mg}{l}} \right) \times 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 679.09 \text{ m}^3/\text{hari}$$

r. Rasio RAS

$$= \frac{MLSS}{TSS \text{ RAS} - MLSS}$$

$$= \frac{2500}{10000 \frac{mg}{l} - 2500}$$

$$= 0.33$$

s. F/M

$$= \frac{BOD \text{ influent} \times 24}{HRT \times MLVSS}$$

$$= \frac{128 \frac{mg}{l} \times 24}{3.25 \text{ jam} \times 2000 \text{ mg TSS/l}}$$

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

t. Mass organik loading (MOL)

$$= \frac{\text{Efisiensi removal BOD}}{100\%} \times F/M$$

$$= \frac{72.24}{100\%} \times 0.4 \text{ mg} \frac{BOD}{mg} \text{ VSS}$$

$$= 0.28 \text{ mg BOD/mg VSS hari}$$

u. Volumetric organik loading (VOL)

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

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

$$= 0.55\ kg\ BOD/m^3.hari$$

v. Kebutuhan oksigen (O₂)

$$= Q \times \frac{(BOD\ influent - BOD\ effluent) \times 0.001}{0.68} - (1.42 \times Px)$$

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

$$= 86.64\ kg\ O_2/hari$$

D. Perhitungan Anaerobic-Oxic

- Bak Anaerobik

- HRT = 1.5 jam
- Volume bak = $\frac{Q \times HRT}{24\ jam}$
 $= \frac{2037.26 \frac{m^3}{hari} \times 1.5\ jam}{24\ jam}$
 $= 127.33\ m^3$
- Kedalaman = 3 m
- Luas permukaan = $\frac{Volume\ bak}{Kedalaman}$
 $= \frac{127.33\ m^3}{3\ m}$
 $= 42.44\ m^2$
- Rasio panjang : lebar = 1:1
 $= \sqrt{Luas\ permukaan}$
 $= \sqrt{42.44\ m^2}$
 $= 6.5 \sim 7\ m$
- Lebar = 7 m
- Volume digunakan = Panjang x Lebar x Tinggi
 $= 7\ m \times 7\ m \times 3\ m$
 $= 147\ m^3$
- Daya pengaduk = $(0.00094 \times 1.0087^{0.3} \times (\frac{MLSS}{0.85})^{0.298}) \times volume$
 $= (0.00094 \times 1.0087^{0.3} \times (\frac{3000}{0.85})^{0.298}) \times 147\ m^3$
 $= 1.58\ kW$

- Bak Oksik

- $\mu_{max,N}$ = 0.3 /hari
- DO_{min, N} = 2 mg/l
- K_{do, N} = 1 hari

- $K_d, N = 0.05$ /hari
- $pH = 7.2$
- F proses $N = 1.5$
- F kinetik $N = 2$
- $Y_N = 0.2$ g VSS/g NH_4-N
- $Y_{BOD} = 0.5$ g VSS
- $K_d BOD = 0.03$ /hari
- $DO_{max} N = 3$ mg/l
- Kedalaman bak = 3 m
- $\mu_{max, N}$
 $= (\mu_{max, N} \times e^{(0.098 \times (T-15))}) \times \left(\frac{DO_{min}}{K_{DO} + DO_{min}} \right) \times (1 - (0.833 \times (pH - 7.2)))$
 $= (0.3 \times e^{(0.098 \times (2.96-15))}) \times \left(\frac{2 \text{ MG/L}}{13+12} \right) \times (1 - (0.833 \times (7.2 - 7.2)))$
 $= 1.72$ hari
- $\theta_c N_{min} = \frac{1}{\mu_{max} - K_d N}$
 $= \frac{1}{1.72 - 0.05}$
 $= 0.53$ hari
- $\theta_c N$ dibutuhkan = F proses $N \times F$ kinetik $N \times \theta_c N_{min}$
 $= 2 \times 3 \times 0.53$ hari
 $= 1.6$ hari
- $\theta_c N$ digunakan = 9 hari
- $K' = \frac{\mu_{max, N}}{Y_N}$
 $= \frac{1.72}{0.2}$
 $= 3.8$ hari
- U nitrifikasi = $\frac{1}{\theta_c N_{digunakan} + K_d N} \times Y_N$
 $= \frac{1}{9 + 0.05} \times 0.2$
 $= 0.81$ hari
- K nitrifikasi = $10^{(0.051 \times 35) - 1.158}$
 $= 4.24$
- Kadar $NH_4-N = \frac{U \text{ nitrifikasi} \times K \text{ nitrifikasi}}{(K' - U \text{ nitrifikasi})}$

$$= \frac{0.81 \times 4.24}{(3.8 - 0.81)}$$

$$= 1.14 \text{ mg/l}$$

○ BOD untuk denitrifikasi = $0.68 \times (3.7 \times [\text{TN}] - [\text{Org N}] - [\text{NO}_3] - 1)$
 = $0.68 \times (3.7 \times [34.81 \text{ mg/l}] - [8 \text{ mg/l}] - [7 \text{ mg/l}] - 1)$
 = 47.3 mg/l

○ BOD untuk deoksigenasi
 = $0.68 \times (3.7 \times [\text{TN}] - [\text{Org N}] - [\text{NO}_3] - 1)$
 = $0.68 \times (3.7 \times [34.81 \text{ mg/l}] - [8 \text{ mg/l}] - [7 \text{ mg/l}] - 1)$
 = 47.3 mg/l

○ BOD untuk deoksigenasi
 = $0.68 \times 1.3 \times ((\text{rasio } Q_r:Q + \text{rasio } Q_{\text{recycle}}:Q) \times \text{DO max N}) - (1 + \text{rasio } Q_r:Q + \text{rasio } Q_{\text{recycle}}:Q) \times \text{DO max DN}$
 = $0.68 \times 1.3 \times ((0.6 + 2.91) \times 3 \text{ mg/l}) - ((1 + 0.6 + 2.91) \times 0.1 \text{ mg/l})$
 = 8.86 mg/l

○ Y obs BOD = $\frac{Y_{BOD}}{(1 + (K_d \text{ BOD} \times \theta_c \text{ rancangan}))}$
 = $\frac{0.5}{(1 + (0.025 \times 9))}$
 = 0.41 g VSS/g

○ Px BOD = $\frac{Y_{BOD} \times (S_0 - S)}{(1 + (K_d \text{ BOD} \times \theta_c \text{ rancangan}))}$
 = $\frac{0.5 \times (128 - 47.3)}{(1 + (0.025 \times 9))}$
 = 32.94 mg/l

○ Y obs N = $\frac{Y_N}{(1 + (K_d N \times \theta_c \text{ rancangan}))}$
 = $\frac{0.2}{(1 + (0.05 \times 9))}$
 = 0.14 g

○ Px N = Y obs N x $([\text{TN}] - (0.122 \times \text{Px BOD}) - 1)$
 = $0.14 \text{ g} \times (34.81 \text{ mg/l} - (0.122 \times 52.69 \text{ mg/l}) - 1)$
 = 4.11 mg VSS/l

○ Px TVSS = Px BOD + Px N
 = $52.69 \text{ mg/l} + 3.78 \text{ mg/l}$
 = 37.05 mg/l

○ Peningkatan TVSS saat heterotroph = Px DN + Px BOD

$$= 7.31 \text{ mg/l} + 52.69 \text{ mg /l}$$

$$= 60.00 \text{ mg VSS/l}$$

- Kebutuhan oksigen (O₂)

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

$$= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{(128 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 35.533 \text{ mg/l}) \times 0.001}{0.68} - (1.42 \times 37.05)$$

$$= 145.75 \text{ kg O}_2/\text{hari}$$

Kriteria desain :

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

$$K_n \text{ NH}_4 = 0.5 \text{ mg NH}_4/\text{l}$$

$$K_d \text{ NH}_4 = 0.135 / \text{hari}$$

- Beban BOD effluent $= \left(\frac{K_s \text{ BOD} \times (1 + K_d \text{ BOD} \times \theta \text{ N})}{(\theta \text{ N} \times (Y \text{ BOD} \times K_n)) - K_d \text{ BOD}} \right) - 1$

$$= \frac{60 \times (1 + 0.025 \times 9)}{(9 \times 0.5 \times 4.24) - 0.025} - 1$$

$$= 2.86 \text{ mg/l}$$

- Beban NH₄ effluent $= \frac{K_s \text{ BOD} \times (1 + K_d \text{ NH}_4 \times \theta \text{ N})}{(\theta \text{ N} \times (\mu_{\max, N} \times K_d \text{ NH}_4))} - 1$

$$= \frac{0.5 \times (1 + 0.135 \times 9)}{(9 \times (0.3 \times 0.135))} - 1$$

$$= 2.04 \text{ mg/l}$$

- θ Aerobik $= \frac{24 \text{ jam} \times \theta_c \text{ rancangan} \times Px \text{ BOD}}{0.77 \times MLSS}$

$$= 3.08 \text{ jam}$$

- Volume bak $= \frac{\theta \text{ aerobik} \times Q}{24 \text{ jam}}$

$$= \frac{3.08 \times 2037.26}{24 \text{ jam}}$$

$$= 297.1 \text{ m}^3$$

- Luas permukaan $= \frac{\text{Volume bak}}{\text{Kedalaman bak}}$

$$= \frac{127.33}{3}$$

$$= 99.03 \text{ m}^2$$

- Lebar $= \sqrt{\frac{\text{Luas permukaan}}{2}}$

$$= \sqrt{\frac{99.03}{2}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 7.04 \text{ m} \\
 \circ \text{ Panjang} &= 2 \times \text{lebar} \\
 &= 2 \times 7.04 \\
 &= 14.07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

E. Secondary Clarifier

Data perencanaan:

- a. Jumlah unit = 1 buah
- b. Debit = 0.024 m³/s
= 2037.26 m³/hari
- c. Volume lumpur rata-rata = 2037.30 m³/hari
- d. Rasio resirkulasi = 125
- e. MLSS = 3000 mg/L = 3 kg/L
- f. Kedalaman bak = 3 m
- g. Waktu detensi (dt) = 2 jam

Perhitungan :

- a. Limiting Solid – Loading rate (SF)

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

- b. Luas permukaan bak (A bak)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Q \times MLSS}{SF} \\
 &= \frac{2037.26 \times 3000}{100} \\
 &= 61.12 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- c. Diameter bak (D bak)

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{A \text{ bak} \times 4}{3.14}} \\
 &= \sqrt{\frac{61.12 \times 4}{3.14}} \\
 &= 8.824 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- d. Luas bak

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times D_{\text{bak}}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (8.824)^2 \\
 &= 61.118 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

e. Overflow rate (OR)

$$\begin{aligned} &= \frac{Q}{A \text{ bak}} \\ &= \frac{2037.26}{61.12} \end{aligned}$$

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

f. Volume clarifier

$$= 0.25 \times 3.14 \times (\text{Abak})^2 \times \text{kedalaman bak}$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times (61.12)^2 \times 3$$

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

g. Waktu detensi (dt)

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

$$= \frac{213.91}{2037.26} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 2.52 \text{ jam}$$

F. Klor

Perhitungan:

a. Debit = 2037.26 m³/hari

b. Dosis klor = 2 mg/l

$$= 0.002 \text{ kg}/\text{m}^3$$

c. Kebutuhan klor = Q_{peak} x dosis klor

$$= 2037.26 \times 0.002$$

$$= 4.075 \text{ kg}/\text{hari}$$

d. Kebutuhan kaporit dalam larutan

$$= \frac{\text{Kebutuhan klor}}{\text{Kadar klor dalam kaporit}}$$

$$= \frac{4.075}{70\%}$$

$$= 5.821 \text{ kg}/\text{hari}$$

e. Volume bak = Q_{peak} x 0.5

$$= 84.89 \times 0.5$$

$$= 42.44 \text{ m}^3$$

f. Kedalaman total = 3 m

g. Luas permukaan = $\frac{\text{Volume bak}}{\text{Kedalaman total}}$

$$= \frac{42.44}{3}$$

$$= 14.148 \text{ m}^2$$

h. Lebar $= \sqrt{\frac{\text{Luas permukaan}}{2}}$

$$= \sqrt{\frac{14.148}{2}}$$

$$= 2.66 \text{ m}$$

i. Panjang $= 2 \times \text{lebar}$

$$= 2 \times 2.66 \text{ m}$$

$$= 5.32 \text{ m}$$

j. Tinggi $= 0.5 \text{ m}$

k. Kedalaman bak klorinasi

$$= \text{kedalaman total} - \text{tinggi}$$

$$= 3 \text{ m} - 0.5 \text{ m}$$

$$= 2.5 \text{ m}$$

l. Menghitung ruang kontak pada Qpeak

$$= \frac{\text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman bak}}{Q_{\text{peak}}}$$

$$= \frac{5.32 \text{ m} \times 2.66 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}}{84.89 \text{ m}^2/\text{jam}}$$

$$= 0.42 \text{ jam}$$

LAMPIRAN III

h. Nilai konsentrasi parameter NH₃, NO₄, PO₄, TN dan TP pada teknologi CAS selama 48 Jam menggunakan *Software* STOAT 5.0

Elapsed time (h)	NH ₃ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	Total P (mg/l)	Total N (mg/l)
0	0	0	0	0	0
1	25.7	1.3	6.1	6.12	27.05
2	27.5	3.5	7.2	7.23	30.92
3	27.9	5.7	8	7.97	33.52
4	28	7.3	8.5	8.48	35.28
5	28.5	7.9	8.8	8.82	36.47
6	29.5	7.8	9	9.05	37.27
7	30.5	7.3	9.2	9.2	37.81
8	31.4	6.8	9.3	9.31	38.17
9	32	6.4	9.4	9.38	38.42
10	32.5	6.1	9.4	9.43	38.59
11	32.8	5.9	9.5	9.47	38.71
12	33	5.8	9.5	9.5	38.8
13	33.1	5.8	9.5	9.52	38.86
14	33.1	5.8	9.5	9.55	38.92
15	33.1	5.8	9.6	9.57	38.97
16	33.2	5.9	9.6	9.59	39.01
17	33.2	5.9	9.6	9.61	39.05
18	33.2	5.9	9.6	9.63	39.1
19	33.3	5.8	9.6	9.65	39.14
20	33.4	5.8	9.7	9.67	39.19

21	33.5	5.7	9.7	9.69	39.23
22	33.7	5.6	9.7	9.71	39.28
23	33.8	5.5	9.7	9.73	39.33
24	34	5.4	9.7	9.75	39.37
25	34.1	5.3	9.8	9.77	39.42
26	34.3	5.2	9.8	9.78	39.46
27	34.5	5	9.8	9.8	39.5
28	34.6	4.9	9.8	9.82	39.54
29	34.8	4.8	9.8	9.83	39.58
30	34.9	4.7	9.8	9.85	39.61
31	35.1	4.6	9.9	9.86	39.65
32	35.2	4.5	9.9	9.87	39.68
33	35.4	4.3	9.9	9.88	39.71
34	35.5	4.2	9.9	9.9	39.73
35	35.6	4.1	9.9	9.9	39.76
36	35.8	4	9.9	9.91	39.78
37	35.9	3.9	9.9	9.92	39.8
38	36	3.8	9.9	9.93	39.82
39	36.1	3.7	9.9	9.94	39.84
40	36.2	3.6	9.9	9.94	39.85
41	36.3	3.5	9.9	9.95	39.86
42	36.4	3.5	10	9.95	39.88
43	36.5	3.4	10	9.96	39.89
44	36.6	3.3	10	9.96	39.9
45	36.7	3.2	10	9.96	39.91
46	36.8	3.1	10	9.97	39.92
47	36.9	3	10	9.97	39.92

i. Hasil simulasi Effluent dengan Teknologi CAS selama 48 Jam menggunakan *Software* STOAT

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)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	396.95	89.66	89.66	20.57	4.3	4.31	4.31	24.86
2	97.29	77.19	77.19	23.42	2.4	5.34	5.34	25.82
3	33.54	62.47	62.47	25.91	2.84	6.48	6.48	28.75
4	19.3	51.96	51.96	27.21	4.47	7.41	7.41	31.68
5	17.88	49.26	49.26	27.77	6.17	8.09	8.09	33.94
6	17.05	52.43	52.43	28.27	7.27	8.55	8.55	35.54
7	16.55	58.94	58.94	29	7.64	8.86	8.86	36.64
8	16.24	66.42	66.42	29.9	7.48	9.08	9.08	37.38
9	16.06	73.26	73.26	30.79	7.09	9.22	9.22	37.88
10	15.97	78.5	78.5	31.57	6.66	9.32	9.32	38.22
11	15.94	81.7	81.7	32.16	6.29	9.39	9.39	38.46
12	15.95	82.81	82.81	32.58	6.04	9.44	9.44	38.62
13	15.98	82.04	82.04	32.84	5.89	9.48	9.48	38.73
14	16.02	79.76	79.76	33	5.82	9.51	9.51	38.81
15	16.07	76.43	76.43	33.08	5.8	9.53	9.53	38.88
16	16.12	72.5	72.5	33.12	5.82	9.55	9.55	38.93
17	16.16	68.36	68.36	33.14	5.84	9.57	9.57	38.98
18	16.19	64.31	64.31	33.17	5.86	9.59	9.59	39.03
19	16.22	60.56	60.56	33.21	5.86	9.61	9.61	39.07
20	16.24	57.19	57.19	33.27	5.85	9.63	9.63	39.11
21	16.26	54.24	54.24	33.35	5.81	9.65	9.65	39.16
22	16.26	51.69	51.69	33.45	5.75	9.67	9.67	39.21
23	16.27	49.48	49.48	33.58	5.67	9.69	9.69	39.25

24	16.26	47.55	47.55	33.72	5.58	9.71	9.71	39.3
25	16.25	45.83	45.83	33.88	5.47	9.73	9.73	39.34
26	16.24	44.29	44.29	34.04	5.35	9.75	9.75	39.39
27	16.22	42.89	42.89	34.2	5.23	9.77	9.77	39.43
28	16.21	41.61	41.61	34.36	5.11	9.79	9.79	39.48
29	16.18	40.43	40.43	34.52	4.99	9.81	9.81	39.52
30	16.16	39.34	39.34	34.68	4.87	9.82	9.82	39.56
31	16.14	38.32	38.32	34.84	4.75	9.84	9.84	39.59
32	16.12	37.36	37.36	34.99	4.64	9.85	9.85	39.63
33	16.1	36.46	36.46	35.14	4.52	9.87	9.87	39.66
34	16.08	35.62	35.62	35.28	4.41	9.88	9.88	39.69
35	16.06	34.82	34.82	35.41	4.3	9.89	9.89	39.72
36	16.04	34.07	34.07	35.55	4.2	9.9	9.9	39.74
37	16.02	33.37	33.37	35.67	4.09	9.91	9.91	39.77
38	16	32.7	32.7	35.8	3.99	9.92	9.92	39.79
39	15.98	32.07	32.07	35.92	3.89	9.92	9.92	39.81
40	15.96	31.47	31.47	36.03	3.79	9.93	9.93	39.82
41	15.95	30.91	30.91	36.14	3.7	9.94	9.94	39.84
42	15.93	30.38	30.38	36.25	3.6	9.94	9.94	39.86
43	15.91	29.88	29.88	36.36	3.51	9.95	9.95	39.87
44	15.9	29.41	29.41	36.46	3.42	9.95	9.95	39.88
45	15.88	28.96	28.96	36.56	3.33	9.96	9.96	39.89
46	15.86	28.54	28.54	36.66	3.24	9.96	9.96	39.9
47	15.84	28.15	28.15	36.75	3.16	9.96	9.96	39.91

j. Nilai Mean, Minimum, dan Maximum pada Teknologi CAS

	NH ₃ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
Mean	32.9	4.9	9.3
Minimum	0	0	0
Maximum	36.9	7.9	10

k. Nilai konsentrasi parameter NH₃, NO₄, dan PO₄, pada teknologi AO selama 48 Jam menggunakan *Software* STOAT 5.0

Date and time (dd/mm/yyyy hh:nn)	Elapsed time (h)	Stage	NH ₃ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
13/07/2022 00:00	0	1	36.8	0	9.2
13/07/2022 00:00	0	2	33.3	0	8.3
13/07/2022 01:00	1	1	18.9	2.3	4
13/07/2022 01:00	1	2	18.5	2.6	4
13/07/2022 02:00	2	1	18.5	2.7	4
13/07/2022 02:00	2	2	17.5	3.7	4
13/07/2022 03:00	3	1	18.5	2.7	4
13/07/2022 03:00	3	2	17	4.2	4
13/07/2022 04:00	4	1	18.5	2.7	4
13/07/2022 04:00	4	2	16.9	4.2	4
13/07/2022 05:00	5	1	18.5	2.6	4
13/07/2022 05:00	5	2	17	4.2	4

13/07/2022 06:00	6	1	18.5	2.5	4
13/07/2022 06:00	6	2	17	4.1	4
13/07/2022 07:00	7	1	18.5	2.4	4
13/07/2022 07:00	7	2	17	4	4
13/07/2022 08:00	8	1	18.5	2.3	4
13/07/2022 08:00	8	2	17	3.8	4
13/07/2022 09:00	9	1	18.4	2.2	4
13/07/2022 09:00	9	2	16.9	3.8	4
13/07/2022 10:00	10	1	18.4	2.1	4
13/07/2022 10:00	10	2	16.9	3.7	4
13/07/2022 11:00	11	1	18.3	2	4
13/07/2022 11:00	11	2	16.8	3.6	4
13/07/2022 12:00	12	1	18.3	2	4
13/07/2022 12:00	12	2	16.7	3.6	4
13/07/2022 13:00	13	1	18.2	1.9	4
13/07/2022 13:00	13	2	16.6	3.6	4
13/07/2022 14:00	14	1	18.2	1.9	4
13/07/2022 14:00	14	2	16.6	3.6	4
13/07/2022 15:00	15	1	18.2	1.8	4
13/07/2022 15:00	15	2	16.5	3.5	4
13/07/2022 16:00	16	1	18.2	1.8	4
13/07/2022 16:00	16	2	16.5	3.5	4
13/07/2022 17:00	17	1	18.2	1.7	4
13/07/2022 17:00	17	2	16.4	3.5	4
13/07/2022 18:00	18	1	18.1	1.7	4
13/07/2022 18:00	18	2	16.4	3.5	4
13/07/2022 19:00	19	1	18.1	1.7	4
13/07/2022 19:00	19	2	16.4	3.5	4

13/07/2022 20:00	20	1	18.1	1.7	4
13/07/2022 20:00	20	2	16.3	3.5	4
13/07/2022 21:00	21	1	18.1	1.6	4
13/07/2022 21:00	21	2	16.3	3.4	4
13/07/2022 22:00	22	1	18.1	1.6	4
13/07/2022 22:00	22	2	16.3	3.4	4
13/07/2022 23:00	23	1	18.1	1.6	4
13/07/2022 23:00	23	2	16.3	3.4	4
14/07/2022 00:00	24	1	18.1	1.6	4
14/07/2022 00:00	24	2	16.3	3.4	4
14/07/2022 01:00	25	1	18.1	1.5	4
14/07/2022 01:00	25	2	16.3	3.4	4
14/07/2022 02:00	26	1	18.1	1.5	4
14/07/2022 02:00	26	2	16.3	3.4	4
14/07/2022 03:00	27	1	18.1	1.5	4
14/07/2022 03:00	27	2	16.3	3.3	4
14/07/2022 04:00	28	1	18.1	1.5	4
14/07/2022 04:00	28	2	16.3	3.3	4
14/07/2022 05:00	29	1	18.1	1.5	4
14/07/2022 05:00	29	2	16.3	3.3	4
14/07/2022 06:00	30	1	18.1	1.5	4
14/07/2022 06:00	30	2	16.3	3.3	4
14/07/2022 07:00	31	1	18.1	1.4	4
14/07/2022 07:00	31	2	16.3	3.3	4
14/07/2022 08:00	32	1	18.1	1.4	4
14/07/2022 08:00	32	2	16.3	3.2	4
14/07/2022 09:00	33	1	18.1	1.4	4
14/07/2022 09:00	33	2	16.3	3.2	4

14/07/2022 10:00	34	1	18.2	1.4	4
14/07/2022 10:00	34	2	16.4	3.2	4
14/07/2022 11:00	35	1	18.2	1.4	4
14/07/2022 11:00	35	2	16.4	3.2	4
14/07/2022 12:00	36	1	18.2	1.4	4
14/07/2022 12:00	36	2	16.4	3.2	4
14/07/2022 13:00	37	1	18.2	1.4	4
14/07/2022 13:00	37	2	16.4	3.1	4
14/07/2022 14:00	38	1	18.2	1.3	4
14/07/2022 14:00	38	2	16.4	3.1	4
14/07/2022 15:00	39	1	18.2	1.3	4
14/07/2022 15:00	39	2	16.4	3.1	4
14/07/2022 16:00	40	1	18.2	1.3	4
14/07/2022 16:00	40	2	16.4	3.1	4
14/07/2022 17:00	41	1	18.2	1.3	4
14/07/2022 17:00	41	2	16.5	3.1	4
14/07/2022 18:00	42	1	18.2	1.3	4
14/07/2022 18:00	42	2	16.5	3.1	4
14/07/2022 19:00	43	1	18.2	1.3	4
14/07/2022 19:00	43	2	16.5	3	4
14/07/2022 20:00	44	1	18.2	1.3	4
14/07/2022 20:00	44	2	16.5	3	4
14/07/2022 21:00	45	1	18.3	1.3	4
14/07/2022 21:00	45	2	16.5	3	4
14/07/2022 22:00	46	1	18.3	1.2	4
14/07/2022 22:00	46	2	16.5	3	4
14/07/2022 23:00	47	1	18.3	1.2	4
14/07/2022 23:00	47	2	16.5	3	4

1. Hasil simulasi Effluent dengan Teknologi AO selama 48 Jam menggunakan Software STOAT

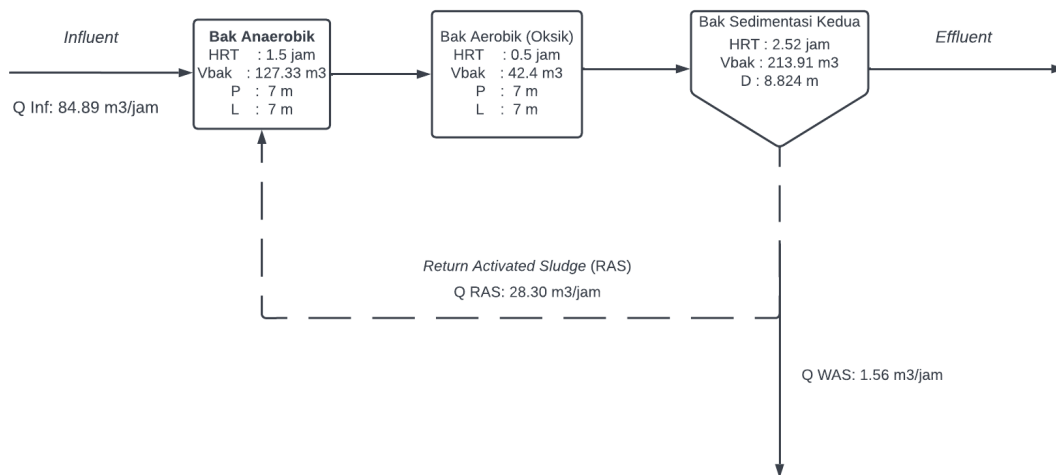
Elapsed time (h)	Flow (m ³ /h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Phosphate (mg/l)	Total P (mg/l)	Total N (mg/l)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	114.7	1883.25	401.4	401.4	18.5	2.62	3.96	3.96	21.12
2	114.7	1699.01	362.93	362.93	17.47	3.73	3.96	3.96	21.2
3	114.7	1783.21	376.92	376.92	17.04	4.18	3.96	3.96	21.21
4	114.7	1886.18	396.37	396.37	16.94	4.25	3.96	3.96	21.19
5	114.7	1963.74	412.6	412.6	16.96	4.18	3.96	3.96	21.14
6	114.7	2016.47	425.41	425.41	16.98	4.07	3.96	3.96	21.05
7	114.7	2049.88	435.24	435.24	16.99	3.95	3.96	3.96	20.94
8	114.7	2068.92	442.43	442.43	16.97	3.84	3.96	3.96	20.81
9	114.7	2078.5	447.62	447.62	16.92	3.75	3.96	3.96	20.67
10	114.7	2082.74	451.59	451.59	16.85	3.68	3.96	3.96	20.54
11	114.7	2084.34	454.95	454.95	16.78	3.63	3.96	3.96	20.41
12	114.7	2084.73	458.06	458.06	16.7	3.6	3.96	3.96	20.3
13	114.7	2084.62	461.12	461.12	16.63	3.57	3.96	3.96	20.2
14	114.7	2084.34	464.21	464.21	16.56	3.55	3.96	3.96	20.11
15	114.7	2084.01	467.33	467.33	16.5	3.54	3.96	3.96	20.04
16	114.7	2083.69	470.49	470.49	16.46	3.52	3.96	3.96	19.98
17	114.7	2083.38	473.68	473.68	16.42	3.51	3.96	3.96	19.92
18	114.7	2083.09	476.89	476.89	16.39	3.49	3.96	3.96	19.88
19	114.7	2082.81	480.11	480.11	16.36	3.47	3.96	3.96	19.84
20	114.7	2082.54	483.33	483.33	16.34	3.45	3.96	3.96	19.8
21	114.7	2082.29	486.55	486.55	16.33	3.44	3.96	3.96	19.77
22	114.7	2082.04	489.77	489.77	16.32	3.42	3.96	3.96	19.74

23	114.7	2081.8	492.99	492.99	16.31	3.4	3.96	3.96	19.71
24	114.7	2081.56	496.19	496.19	16.3	3.39	3.96	3.96	19.69
25	114.7	2081.34	499.38	499.38	16.3	3.37	3.96	3.96	19.66
26	114.7	2081.12	502.56	502.56	16.3	3.35	3.96	3.96	19.65
27	114.7	2080.9	505.72	505.72	16.3	3.33	3.96	3.96	19.63
28	114.7	2080.69	508.86	508.86	16.3	3.32	3.96	3.96	19.62
29	114.7	2080.49	511.99	511.99	16.31	3.3	3.96	3.96	19.6
30	114.7	2080.29	515.11	515.11	16.31	3.28	3.96	3.96	19.59
31	114.7	2080.1	518.2	518.2	16.32	3.26	3.96	3.96	19.58
32	114.7	2079.91	521.27	521.27	16.33	3.24	3.96	3.96	19.57
33	114.7	2079.73	524.33	524.33	16.34	3.22	3.96	3.96	19.56
34	114.7	2079.54	527.36	527.36	16.35	3.2	3.96	3.96	19.56
35	114.7	2079.37	530.37	530.37	16.36	3.19	3.96	3.96	19.55
36	114.7	2079.19	533.37	533.37	16.38	3.17	3.96	3.96	19.54
37	114.7	2079.02	536.34	536.34	16.39	3.15	3.96	3.96	19.54
38	114.7	2078.85	539.29	539.29	16.41	3.13	3.96	3.96	19.53
39	114.7	2078.69	542.22	542.22	16.42	3.11	3.96	3.96	19.53
40	114.7	2078.52	545.12	545.12	16.44	3.09	3.96	3.96	19.53
41	114.7	2078.36	548.01	548.01	16.45	3.07	3.96	3.96	19.52
42	114.7	2078.21	550.87	550.87	16.47	3.05	3.96	3.96	19.52
43	114.7	2078.05	553.71	553.71	16.48	3.04	3.96	3.96	19.52
44	114.7	2077.9	556.53	556.53	16.5	3.02	3.96	3.96	19.52
45	114.7	2077.75	559.33	559.33	16.52	3	3.96	3.96	19.52
46	114.7	2077.6	562.11	562.11	16.53	2.98	3.96	3.96	19.51
47	114.7	2077.45	564.86	564.86	16.55	2.96	3.96	3.96	19.51

m. Nilai Mean, Minimum, dan Maximum pada Teknologi AO

	Stage	NH3 (mg/l)	NO3 (mg/l)	PO4 (mg/l)
Mean	1	19	1.7	4.1
	2	16.9	3.3	4.1
Minimum	1	18.1	0	4
	2	16.3	0	4
Maximum	1	36.8	2.7	9.2
	2	33.3	4.2	8.3

Perbandingan hasil perhitungan manual



RIWAYAT HIDUP



Nama penulis adalah Sagita Yani Cholishoh atau yang lebih dikenal dengan panggilan Gita. Lahir di Madiun, Jawa Timur pada tanggal 01 Januari 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sugito dan Ibu Sri Murtini. Pada tahun 2007 penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Beriwit 4 Puruk Cahu Kalimantan Tengah, Penulis kemudian menempuh pendidikan menengah di SMPN 1 Murung Raya Kalimantan Tengah pada tahun 2012 dan melanjutkan pendidikan selanjutnya di MAN 1 Madiun pada tahun 2015.

Pada tahun 2018 penulis diterima sebagai mahasiswa jurusan Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta melalui jalur PBT (Paper Based Test). Selama menempuh pendidikan kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan non-akademis seperti kepanitiaan dan organisasi. Pada tahun 2019 penulis bergabung di Dance Of Enviro. Selain itu penulis juga mengikuti kepanitiaan ditingkat jurusan.