

TA/TL/2022/1461

**TUGAS AKHIR**

***BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL (BNR) DARI IPAL DOMESTIK MENGGUNAKAN PROSES UNIVERSITY OF CAPE TOWN (UCT) MELALUI PENDEKATAN MODEL SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE STOAT***

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



**RESTI FADIA FANEDLI**

**18513070**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2022**

## TUGAS AKHIR

### **BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL (BNR) DARI IPAL DOMESTIK MENGGUNAKAN PROSES UNIVERSITY OF CAPE TOWN (UCT) MELALUI PENDEKATAN MODEL SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE STOAT**

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



**RESTI FADIA FANEDLI  
18513070**

Disetujui,

Dosen Pembimbing I:

Dosen Pembimbing II:


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

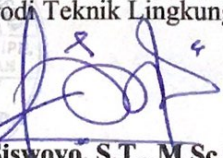
Tanggal: 20/7/2022

  
**Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.**  
NIK : 195130102

Tanggal: 20/7/2022

Mengetahui,

  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

  
**Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.**  
NIK : 025100406

Tanggal: 22-7-2022

**HALAMAN PENGESAHAN**

***BIOLOGICAL NUTRIENT REMOVAL (BNR) DARI IPAL  
DOMESTIK MENGGUNAKAN PROSES UNIVERSITY OF CAPE  
TOWN (UCT) MELALUI PENDEKATAN MODEL SIMULASI  
MENGGUNAKAN SOFTWARE STOAT***

**Hari: Jumat  
Tanggal: 15 April 2022**

**Disusun Oleh:**

**Resti Fadia Fanedli  
18513070**

**Tim Penguji:**

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

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

  
**Dr. Joni Aldilla 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, 15 April 2022

Yang membuat pernyataan,



**Resti Fadia Fanedli**

NIM: 18513070

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir yang berjudul “*Biological Nutrient Removal (BNR) Dari IPAL Domestik Menggunakan Proses University of Cape Town (UCT) Melalui Pendekatan Model Simulasi Menggunakan Software STOAT*”. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya, Bapak Linafri, S.T. dan Ibu Elartidena, A.Md. serta kakak saya Gita Firsty Fanedli, S.SOS. atas dukungan serta doa yang selalu mengiringi tiap langkah kaki dalam perjalanan hidup saya. Terima kasih telah menjadi rumah yang hangat untuk segala penat.
3. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan arahan mulai dari penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dan Dosen Pembimbing 2 yang telah sabar membimbing dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan pada penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini
6. Ibu Elita Nurfitriyani Sulisty S.T., M.Sc. selaku Dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan saran dalam segala masalah yang dialami penulis selama menjadi mahasiswi Teknik Lingkungan UII.
7. Teman-teman saya Melindah, Silva, Sarah, Inne, Sekar, Tanti, Sari, atas dukungan, doa, serta haru dan tawa.
8. Teman-teman satu topik Tugas Akhir Wiya, Dhita, Dinda dan Gita yang selalu memberikan dukungan selama penelitian sampai penulisan tugas akhir.
9. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, khususnya angkatan 2018 yang telah memberikan cerita semasa saya menjadi mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Kritik dan saran diharapkan demi menyempurnakan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindaklanjuti dengan pengimplementasian saran.

Yogyakarta, 15 April 2022

*Resti Fadia Fanedli*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## ABSTRAK

RESTI FADIA FANEDLI. *Biological Nutrient Removal (BNR) Dari IPAL Domestik Menggunakan Proses University of Cape Town (UCT) Melalui Pendekatan Model Simulasi Menggunakan Software STOAT*. Dibimbing oleh Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. dan Noviana Ima Wantoputri, S.T., M.T.

Pengolahan air limbah perlu dikembangkan lebih lanjut untuk penyisihan nutrien, dalam hal ini nitrogen dan fosfor yang akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada badan air penerima. Kandungan nutrien yang tinggi dalam air limbah dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi. Eutrofikasi dapat menyebabkan meningkatnya kandungan amoniak yang bersifat toksik bagi biota air. Salah satu cara dalam menentukan eutrofikasi dalam suatu perairan dengan melakukan pengukuran kadar nitrogen (N) dan fosfat (P) dalam perairan. Pada penelitian ini penyisihan nutrien dilakukan menggunakan teknologi Activated Sludge dan Activated Sludge Modifikasi *University of Cape Town (UCT)*. Pada teknologi CAS, hanya melewati satu fase pengolahan yakni fase aerobik. Pada fase anaerobik dan anoksik tidak terjadi proses nitrifikasi sedangkan pada fase aerobik mengalami proses nitrifikasi, sehingga pada metode *Conventional Activated Sludge (CAS)* langsung mengalami proses nitrifikasi didalamnya. Pada teknologi UCT, penyisihan senyawa TN dapat dilihat pada senyawa amoniak dan senyawa nitrat sedangkan penyisihan senyawa TP dapat dilihat pada senyawa fosfor. Pada senyawa amoniak terjadi penurunan konsentrasi yang sangat signifikan di bak anaerobik. Hal tersebut dapat terjadi karena senyawa amoniak didalam air limbah dioksidasi menjadi nitrit dengan bakteri autotrof dan akan dilepaskan ke udara sehingga menghasilkan gas nitrogen. Oleh karena itu, dapat terjadi penurunan senyawa TN pada bak anaerobik. Pada bak anoksik, terjadi penyisihan senyawa TN melalui proses denitrifikasi, dimana pada proses denitrifikasi tersebut akan mengoksidasi senyawa nitrat yang dihasilkan menjadi gas nitrogen dan kemudian akan dilepaskan ke udara dengan bantuan bakteri *pseudomonas*. Sedangkan pada bak aerobik, penyisihan senyawa TN terjadi melalui proses nitrifikasi, dimana proses nitrifikasi akan mengubah senyawa amoniak menjadi nitrat dengan bantuan bakteri autotroph dengan bantuan bakteri *nitrosomonas*. Sedangkan penyisihan senyawa TP didalam air limbah akan dibantu oleh mikroorganisme berupa bakteri *Polyphosphate-Accumulating Organisms (PAO)*, dimana bakteri tersebut akan bekerja dalam kondisi aerobik maupun anoksik. Pada



kondisi anoksik, *Polyphosphate-Accumulating Organisms* (PAO) akan menggunakan *Polyphosphate* ( $P_2O_7$ ) sebagai sumber energi dan akan melepaskan senyawa fosfor dalam bentuk *Orthophosphate* ( $PO_4^{-3}$ ). Pada kondisi aerobik, *Polyphosphate-Accumulating Organisms* (PAO) akan menggunakan *Orthophosphate* ( $PO_4^{-3}$ ) dalam melakukan metabolisme sehingga akan terbentuk sel baru. Dari dua teknologi yang dilakukan, akan dinilai performa yang lebih baik dalam penyisihan nutrisi. Terdapat dua skenario yang akan dilakukan dalam merencanakan IPAL X secara manual terhadap kedua teknologi yang digunakan, kemudian akan dilakukan simulasi penyisihan nutrisi menggunakan bantuan *Software* STOAT 5.0. Hasil simulasi pada kedua teknologi menggunakan *Software* STOAT akan dilakukan Analisa dengan metode Analisa SWOT. Hasil simulasi yang sudah dilakukan menggunakan *Software* STOAT 5.0 pada persentase *removal* parameter Total P dan Total N metode lumpur aktif UCT memiliki persentase *removal* yang baik dibandingkan metode lumpur aktif konvensional. Pada metode lumpur aktif UCT dalam melakukan penyisihan parameter TP dan TN memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 66% dan 84%, sedangkan pada lumpur aktif konvensional dalam melakukan penyisihan parameter TP dan TN memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 2.02% dan 25%. Hasil Analisa SWOT menunjukkan bahwa teknologi lumpur aktif modifikasi *University of Cape Town* (UCT) memiliki kualitas effluent yang lebih baik dan berada di bawah baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Hasil simulasi penyisihan TP dan TN pada teknologi UCT sudah memenuhi baku mutu dari beberapa negara. Teknologi lumpur aktif modifikasi UCT memiliki performa lebih baik dalam penyisihan kadar nitrogen dan fosfor.

Kata Kunci: *University of Cape Town* (UCT), Penyisihan nitrogen dan fosfor, *Software* STOAT 5.0.



## **ABSTRACT**

RESTI FADIA FANEDLI. *Biological Nutrient Removal (BNR) From Domestic WWTP Using University of Cape Town (UCT) Process Through Simulation Model Approach Using Software STOAT. Supervised by Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. and Noviana Ima Wantoputri, S.T., M.T.*

*Wastewater treatment needs to be further developed for nutrient removal, in this case nitrogen and phosphorus which will cause damage to receiving water bodies. High nutrient content in wastewater can lead to eutrophication. Eutrophication can cause an increase in the content of ammonia which is toxic to aquatic biota. One way to determine eutrophication in a water is by measuring the levels of nitrogen (N) and phosphate (P) in the waters. In this study, nutrient removal was carried out using the University of Cape Town (UCT) Activated Sludge and Modified Activated Sludge technology. In CAS technology, it only goes through one processing phase, namely the aerobic phase. In the anaerobic and anoxic phases, the nitrification process does not occur while in the aerobic phase it undergoes a nitrification process, so that the Conventional Activated Sludge (CAS) method directly undergoes the nitrification process in it. In UCT technology, the removal of TN compounds can be seen in ammoniac compounds and nitrate compounds, while the removal of TP compounds can be seen in phosphorus compounds. In the ammoniac compound there was a very significant decrease in concentration in the anaerobic tank. This can happen because the ammonia compounds in the wastewater are oxidized to nitrite by autotrophic bacteria and will be released into the air to produce nitrogen gas. Therefore, there can be a decrease in TN compounds in the anaerobic bath. In the anoxic bath, removal of TN compounds occurs through the denitrification process, where in the denitrification process the nitrate compounds produced are oxidized to nitrogen gas and then released into the air with the help of pseudomonas. While in the aerobic bath, the removal of TN compounds occurs through the nitrification process, where the nitrification process will convert ammonia compounds into nitrates with the help of autotroph bacteria with the help of nitrosomonas. Meanwhile, the removal of TP compounds in wastewater will be assisted by microorganisms in the form of Polyphosphate-Accumulating Organisms (PAO) bacteria, where these bacteria will work in both aerobic and anoxic conditions. In anoxic conditions, Polyphosphate-Accumulating Organisms (PAO) will use Polyphosphate ( $P_2O_7$ ) as an energy source and will release phosphorus compounds in the form of Orthophosphate ( $PO_4^{3-}$ ). Under aerobic conditions, Polyphosphate-Accumulating Organisms (PAO) will use Orthophosphate*

*(PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) in their metabolism so that new cells will be formed. Of the two technologies carried out, the better performance in nutrient removal will be assessed. There are two scenarios that will be carried out in planning IPAL X manually against the two technologies used, then a nutrient removal simulation will be carried out using STOAT 5.0 software. Simulation results on both technologies using STOAT software will be analyzed using the SWOT analysis method. The simulation results that have been carried out using software on the percentage of removal of parameters Total P and Total N UCT activated sludge method has a good removal percentage compared to conventional activated sludge methods. The UCT activated sludge method in removing TP and TN parameters obtained removal efficiencies of 66% and 84%, while conventional activated sludge in removing TP and TN parameters obtained removal efficiencies of 2.02% and 25%, respectively. The results of the SWOT analysis show that the modified activated sludge technology of the University of Cape Town (UCT) has better effluent quality and is below the quality standard according to the Regulation of the Minister of Environment and Forestry Number. 68 of 2016. The simulation results for the elimination of TP and TN on UCT technology have met the quality standards of several countries. The UCT modified activated sludge technology has better performance in removing nitrogen and phosphorus levels.*

*Keywords: University of Cape Town (UCT), Nitrogen and phosphorus removal, STOAT 5.0 Software.*

## NOTASI DAN SINGKATAN

BOD : *Biological Oxygen Demand*

CAS : *Conventional Activated Sludge*

COD : *Chemical Oxygen Demand*

IPAL : *Instalasi Pengolahan Air Limbah*

MLSS : *Mixed Liquor Suspended Solids*

NH<sub>3</sub> : *Ammoniak*

NO<sub>3</sub> : *Nitrat*

PO<sub>4</sub> : *Fosfat*

RAS : *Return Activated Sludge*

STOAT: *Sewage Treatment Operation and Analysis over Time*

SWOT: *Strength Weakness Oppurtunities Treaths*

TN : *Total Nitrogen*

TP : *Total Fosfor*

TSS : *Total Suspended Solid*

UCT : *University of Cape Town*

VFA : *Volatile Fatty Acids*

WAS : *Waste Activated Sludge*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	2
<i>ABSTRACT</i> .....	4
NOTASI DAN SINGKATAN .....	6
DAFTAR ISI.....	7
DAFTAR TABEL.....	10
DAFTAR GAMBAR .....	12
BAB IPENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang .....	14
1.2 Perumusan Masalah.....	15
1.3 Tujuan Penelitian.....	16
1.4 Ruang Lingkup.....	16
1.5 Manfaat Penelitian.....	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	18
2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).....	18
2.2 Baku Mutu Air Limbah.....	19
2.3 Sumber dan Karakteristik Air Limbah Domestik .....	19
2.3.1 Sumber Air Limbah Domestik .....	19
2.3.2 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	20
2.4 Pemodelan dan Simulasi .....	23
2.5 Lumpur Aktif ( <i>Activated Sludge</i> ).....	23
2.6 Proses UCT ( <i>University of Cape Town</i> ).....	24



2.7 Perbandingan CAS dan UCT .....	25
2.8 <i>Software</i> STOAT ( <i>Sewage Treatment Operation and Analysis over Time</i> ) .....	26
2.9 Analisis SWOT .....	27
2.10 Penelitian Terdahulu .....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Metode Penelitian.....	30
3.1.1 Variabel Penelitian .....	32
3.2 Rancangan Perencanaan Unit IPAL .....	32
3.3 Tahapan Metode Penelitian.....	42
3.4 Prosedur Pembentukan Model .....	45
3.5 Data Input.....	45
3.6 Analisis SWOT .....	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Perhitungan Teknologi Pengolahan IPAL.....	55
4.1.1 Perencanaan Debit .....	55
4.1.2 Perhitungan <i>Pre Treatment</i> .....	62
4.1.3 Perhitungan <i>Secondary Treatment</i> .....	64
4.1.4 Perhitungan Tertiary Treatment .....	71
4.2 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) .....	72
4.2.1 Skenario Perhitungan Manual .....	73
4.2.2 Karakterisasi Air Limbah Domestik.....	75
4.2.3 Beban Pengolahan .....	76
4.3 Pemodelan IPAL X Menggunakan <i>Software</i> STOAT .....	77
4.3.1 Skenario Simulasi Model IPAL X.....	77
4.3.2 Tahapan Simulasi Penyisihan Nutrien (Nitrogen dan Fosfor) .....	78
4.3.3 Hasil Performa Penyisihan Nutrien.....	84

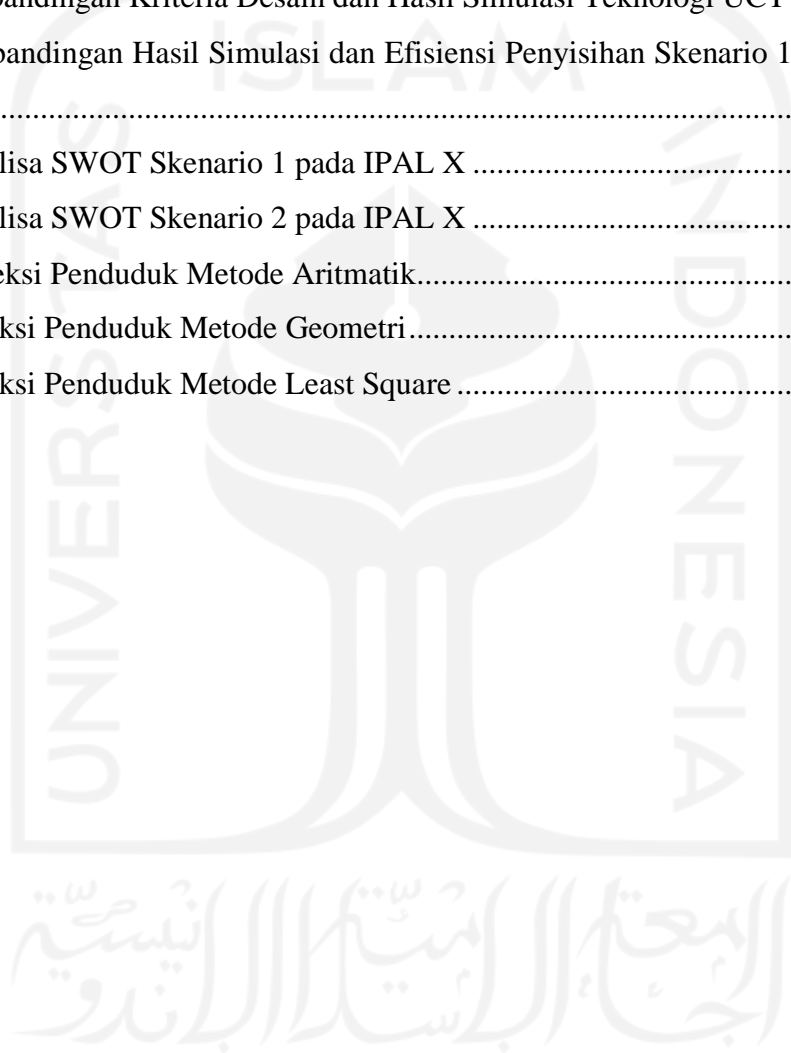
4.4 Perbandingan Hasil Simulasi Nutrien Pada IPAL X menggunakan <i>Conventional Activated Sludge</i> (CAS) dan Metode <i>University of Cape Town</i> (UCT) pada <i>Software</i> STOAT 5.0.....	96
4.5 Analisis Strengths, Weaknesses, Opportunities dan Threats (SWOT) pada IPAL X menggunakan metode <i>University of Cape Town</i> (UCT).....	100
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	105
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA.....	107
LAMPIRAN I .....	113
LAMPIRAN II.....	120
LAMPIRAN III.....	147



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri.....	19
Tabel 2. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik .....	20
Tabel 2. 5 Matriks SWOT.....	27
Tabel 2. 6 Referensi Penelitian Terdahulu.....	28
Tabel 3. 1 Data Pendukung Model STOAT.....	45
Tabel 3. 2 Data Input Software STOAT 5.0 .....	46
Tabel 3. 3 Ketentuan Data Input Teknologi.....	47
Tabel 3. 4 Data Input Bar Screen.....	48
Tabel 3. 5 Data Input Equalization tank .....	48
Tabel 3. 6 Data Input Bak Lumpur Aktif.....	49
Tabel 3. 7 Data Input UCT .....	49
Tabel 3. 8 Data Input Secondary Clarifier .....	50
Tabel 3. 9 Data Input Secondary Clarifier (Bak Lumpur Aktif).....	51
Tabel 3. 10 Data Input Secondary Clarifier (UCT) .....	51
Tabel 3. 11 Data Input Klorinasi.....	52
Tabel 4. 1 Jumlah Penduduk Wilayah X .....	56
Tabel 4. 2 Perbandingan 3 Metode .....	58
Tabel 4. 3 Proyeksi Hitung Maju dengan Metode Least Square Wilayah X.....	59
Tabel 4. 4 Debit Wilayah X .....	61
Tabel 4. 5 Kriteria Desain Unit Bar Screen .....	62
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Manual Bar Screen.....	62
Tabel 4. 7 Kriteria Desain Unit Equalization Tank .....	63
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Manual Bak Ekualisasi.....	64
Tabel 4. 9 perhitungan manual pompa submersible bak ekualisasi.....	64
Tabel 4. 10 Kriteria Desain Proses UCT (University of Cape Town) .....	65
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Manual Teknologi UCT .....	66
Tabel 4. 12 Kriteria Desain Unit Activated Sludge .....	68
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Manual Teknologi Lumpur Aktif Konvensional .....	69
Tabel 4. 14 Kriteria Desain Unit Secondary Clarifier .....	70
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Manual Bak Sedimentasi Kedua .....	70
Tabel 4. 16 Kriteria Desain Unit Khlor .....	71

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Manual Klorinasi.....	71
Tabel 4. 18 Karakteristik Air Limbah.....	75
Tabel 4. 19 Perbedaan Low, Medium dan High Strength.....	76
Tabel 4. 20 Baku Mutu Parameter TN dan TP dari Beberapa Negara .....	76
Tabel 4. 21 Beban Pengolahan IPAL X.....	77
Tabel 4. 22 Hasil Simulasi pada Skenario 1 menggunakan Software STOAT .....	87
Tabel 4. 23 Hasil Simulasi pada Skenario 2 menggunakan Software STOAT .....	92
Tabel 4. 24 Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Simulasi Teknologi UCT .....	95
Tabel 4. 25 Perbandingan Hasil Simulasi dan Efisiensi Penyisihan Skenario 1 dan Skenario 2 .....	100
Tabel 4. 26 Analisa SWOT Skenario 1 pada IPAL X .....	101
Tabel 4. 27 Analisa SWOT Skenario 2 pada IPAL X .....	102
Tabel I. 1 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik.....	117
Tabel I. 2 Proyeksi Penduduk Metode Geometri.....	118
Tabel I. 3 Proyeksi Penduduk Metode Least Square .....	119





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Proses UCT (University of Cape Town).....	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	31
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Debit Air Limbah .....	33
Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan Bar Screen .....	34
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Bak Ekualisasi .....	35
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Lumpur Aktif Konvensional .....	36
Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Bak Anaerobik Teknologi UCT .....	37
Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Bak Anoksik Teknologi UCT .....	38
Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Bak Aerobik Teknologi UCT.....	39
Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan Secondary Clarifier .....	40
Gambar 3. 10 Diagram Alir Perhitungan Klorinasi .....	41
Gambar 3. 11 Kuadran SWOT.....	54
Gambar 4. 1 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik.....	56
Gambar 4. 2 Proyeksi Penduduk Metode Geometri .....	57
Gambar 4. 3 Proyeksi Penduduk Metode Least Square.....	57
Gambar 4. 4 Proyeksi Penduduk Wilayah X .....	59
Gambar 4. 5 Skema Proses UCT (University of Cape Town).....	65
Gambar 4. 6 Diagram Alir IPAL Wilayah X .....	72
Gambar 4. 7 Diagram Alir IPAL X Metode University of Cape Town (UCT) Wilayah X ....	73
Gambar 4. 8 Layout IPAL X menggunakan Conventional Activated Sludge.....	79
Gambar 4. 9 Layout IPAL X menggunakan Metode University of Cape Town (UCT) .....	79
Gambar 4. 10 Influent Pattern IPAL X menggunakan Software STOAT versi 5.0 .....	80
Gambar 4. 11 Model Skenario 1 menggunakan Software STOAT .....	81
Gambar 4. 12 Model Skenario 2 menggunakan Software STOAT .....	81
Gambar 4. 13 MLSS recycle data pada model ASAL5A menggunakan Software STOAT ...	82
Gambar 4. 14 Tahapan pengerjaan model menggunakan Software STOAT versi 5.0.....	83
Gambar 4. 15 Hasil Simulasi pada Skenario 1 menggunakan Software STOAT.....	85
Gambar 4. 16 Grafik Hasil Simulasi Teknologi Lumpur Aktif Konvensional.....	86
Gambar 4. 17 Konsentrasi TN dan TP pada Teknologi CAS Selama 48 Jam Pengolahan .....	88
Gambar 4. 18 Profil Konsentrasi TN dan TP Teknologi CAS .....	88
Gambar 4. 19 Konsentrasi TN dan TP pada effluent Teknologi CAS Selama 48 Jam Pengolahan .....	89

Gambar 4. 20 Profil Konsentrasi TN dan TP pada Teknologi CAS .....	89
Gambar 4. 21 Hasil Simulasi pada Skenario 2 menggunakan Software STOAT.....	91
Gambar 4. 22 Grafik Hasil Simulasi Teknologi UCT .....	92
Gambar 4. 23 Konsentrasi TN dan TP pada Teknologi UCT Selama 48 Jam Pengolahan .....	94
Gambar 4. 24 Profil Konsentrasi TN dan TP Teknologi UCT .....	94
Gambar 4. 25 Konsentrasi TN dan TP pada effluent Teknologi UCT Selama 48 Jam Pengolahan.....	95
Gambar 4. 26 Diagram Proses Penyisihan TN dan TP Teknologi UCT .....	98
Gambar 4. 27 Perbandingan Hasil Simulasi Skenario 1 dan Skenario 2 .....	99
Gambar 4. 28 Grafik Kuadran Analisa SWOT .....	104



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia tiap tahunnya semakin meningkat. Pertumbuhan penduduk yang meningkat sangat pesat besar pengaruhnya terhadap air bersih dan air limbah yang akan dihasilkan. Meningkatnya beban air limbah domestik merupakan salah satu permasalahan yang sangat kompleks terhadap pengolahan air limbah. Air limbah yang belum terolah dengan baik akan memberikan dampak yang buruk pada perairan, khususnya sumber daya air. Pembuangan air limbah secara langsung ke perairan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu akan memberikan dampak yang buruk bagi kesehatan manusia seperti penyakit diare atau kolera. Oleh karena itu, keberadaan Instalasi Pengolahan Air Limbah sangat diperlukan untuk mengolah air limbah dengan baik (Sugiharto, 2014).

Air limbah domestik merupakan air buangan yang berasal dari suatu kegiatan pemukiman atau rumah tangga, rumah makan, perkantoran seperti tinja, air seni, limbah kamar mandi dan sisa kegiatan dapur rumah tangga (Wulandari, 2014). Limbah domestik mengandung bahan organik seperti *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang cukup tinggi. Namun, pada IPAL Wilayah X sudah focus dalam penyisihan bahan organik seperti *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) sehingga kadar efluen yang dihasilkan sudah cukup baik.

Limbah domestik tentunya tidak hanya mengandung bahan organik saja, limbah domestik juga memiliki kandungan nutrisi yang sangat tinggi. Pengolahan air limbah perlu dikembangkan lebih lanjut untuk penyisihan nutrisi, dalam hal ini nitrogen dan fosfor yang akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada badan air penerima baik itu air laut maupun air tawar. Kandungan nutrisi yang tinggi dalam air limbah dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (Hastuti et al., 2017). Eutrofikasi merupakan suatu pencemaran air yang disebabkan akibat munculnya nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem air yang mengakibatkan tidak terkontrolnya pertumbuhan tumbuhan air (Nur et al., 2019). Eutrofikasi dapat menyebabkan meningkatnya kandungan ammonia yang bersifat toksik bagi biota air. Salah satu cara dalam menentukan eutrofikasi dalam suatu perairan dengan melakukan pengukuran kadar nitrogen (N) dan fosfat (P) dalam perairan tersebut. Pada penelitian yang dilakukan (Haque, 2017), Efisiensi penyisihan nutrisi berupa nitrogen dan fosfor pada IPAL dengan menggunakan sistem Lumpur Aktif model SBR adalah sebesar 97%, tingginya penyisihan nitrogen dan fosfor

dapat dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain konsentrasi oksigen terlarut, temperatur dan pH.

Pada penelitian ini, akan dilakukan Perencanaan IPAL Wilayah X dalam melakukan penyisihan nutrisi menggunakan proses UCT (*University of Cape Town*). Proses UCT (*University of Cape Town*) merupakan suatu proses yang dirancang untuk meminimalkan efek nitrat ke zona kontak anaerobik (Vaiopouloi et al., 2008). Dalam proses UCT, bahan organik dihilangkan dengan proses oksidasi terlebih dahulu di zona anoksik selama denitrifikasi) dan kemudian di zona aerobik. Sedangkan pada sistem *Activated Sludge* terdiri dari dua unit proses utama yakni bioreaktor (tangki aerasi) dan tangki sedimentasi. Nitrogen dihilangkan dalam bentuk molekul melalui nitrifikasi (zona aerobik) dan denitrifikasi (zona anoksik). Teknologi yang digunakan untuk penyisihan nutrisi pada IPAL X menggunakan proses lumpur aktif. Lumpur aktif (*activated sludge*) merupakan campuran dari mikroorganisme yang hidup pada kondisi aerobik untuk digunakan oleh material organik dalam air limbah sebagai substrat. Model proses lumpur aktif digunakan untuk banyak hal diantaranya BOD *removal*, nitrifikasi, denitrifikasi, dan fosfor *removal*. Terdapat empat proses utama yang terjadi pada sistem lumpur aktif, diantaranya adalah tangki aerasi, tangki pengendapan, resirkulasi lumpur, serta penghilangan lumpur sisa (Ningtyas, 2015).

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan perhitungan teknologi yang digunakan secara manual pada IPAL Wilayah X menggunakan unit *Conventional Activated Sludge* (CAS) dan *University of Cape Town* (UCT) untuk data pendukung *Software* STOAT versi 5.0?
2. Bagaimana menyusun model dan menjalankan simulasi pemodelan perencanaan IPAL X menggunakan unit *Conventional Activated Sludge* (CAS) dan *University of Cape Town* (UCT) dengan *Software* STOAT versi 5.0?
3. Bagaimana hasil simulasi proses penyisihan nitrogen dan fosfor pada perencanaan IPAL X menggunakan unit *Conventional Activated Sludge* (CAS) dan *University of Cape Town* (UCT) melalui modeling STOAT menggunakan versi 5.0?
4. Teknologi mana yang menjadi performa terbaik dalam penyisihan nitrogen dan fosfor sehingga layak untuk diterapkan pada IPAL X tersebut?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini merupakan beberapa tujuan dari tugas akhir ini:

1. Memperoleh data pendukung untuk *Software* STOAT 5.0 melalui perhitungan secara manual.
2. Mengevaluasi cara penyusunan model dan simulasi pemodelan pada perencanaan IPAL X menggunakan unit *Conventional Activated Slduge* (CAS) dan *University of Cape Town* (UCT) dengan *Software* STOAT versi 5.0.
3. Memperoleh hasil simulasi dalam hal penyisihan nitrogen dan fosfor pada perencanaan IPAL X menggunakan unit *Conventional Activated Slduge* (CAS) dan *University of Cape Town* (UCT).
4. Melakukan analisa kesesuaian penerapan proses teknologi terbaik yang dapat diterapkan pada IPAL X melalui analisa SWOT.

### 1.4 Ruang Lingkup

Berikut ini merupakan ruang lingkup pada penelitian yang dilakukan:

1. Studi kasus pada penelitian ini yaitu di IPAL Wilayah X.
2. Data yang digunakan berupa data kualitas influen dan effluent IPAL X Wilayah X.
3. Data input yang digunakan pada penelitian ini dapat menggunakan data sekunder melalui Kajian Literatur, Modeling dan Simulasi proses IPAL menggunakan *software* STOAT versi 5.0.
4. Data yang digunakan melalui kajian literatur dan opsi teknologi berupa modifikasi proses *UCT*.
5. Data yang dihasilkan berupa simulasi model proses *UCT* untuk menyisihkan nutrient yaitu nitrogen dan fosfor pada IPAL, Performa proses *UCT* untuk menyisihkan nitrogen dan fosfor dan pertimbangan dalam penerapan proses *UCT* untuk menyisihkan nutrien pada IPAL Wilayah X.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh melalui tugas akhir ini, baik dari segi perguruan tinggi, masyarakat hingga pemerintah:

1. Bagi Perguruan Tinggi

Hasil akhir dari penelitian ini dapat menjadi referensi pembelajaran. Khususnya pada mata kuliah Pengolahan Limbah Domestik mengenai penggunaan *software* STOAT versi 5.0.

2. Bagi masyarakat

Dapat digunakan sebagai referensi tambahan mengenai simulasi dan performa model proses *UCT* untuk menyisihkan nutrien pada IPAL Wilayah X melalui Modeling menggunakan *software* STOAT versi 5.0.

3. Bagi Pemerintah

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan ataupun pertimbangan mengenai simulasi dan performa proses *UCT* untuk menyisihkan nutrien pada IPAL Wilayah X. Sehingga apabila ada kesulitan dalam melakukan simulasi dan performa model proses *UCT* untuk menyisihkan nutrien pada IPAL Wilayah X, Pemerintah dapat memperoleh solusi dalam memecahkan masalah tersebut.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan suatu bangunan teknik yang memiliki perlengkapannya untuk memproses atau mengolah cairan sisa proses produksi pabrik, sehingga apabila sudah melewati proses Pengolahan Air Limbah secara baik aman untuk dibuang langsung ke badan air ataupun sungai (Rahmawati, 2014). Faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem pengolahan air limbah domestik menurut Pedoman Pengolahan Air Limbah Perkotaan Departemen Kimpraswil (2003) seperti kepadatan penduduk, sumber air yang terdapat di suatu daerah, kedalaman muka air tanah dan financial atau ekonomi masyarakat setempat. Tujuan dilakukannya pengolahan air limbah secara efektif dan baik sebelum dibuang ke badan air atau sungai adalah untuk mencegah pencemaran sumber air rumah tangga, melindungi hewan serta tanaman yang hidup di biota air, menghindari pencemaran pada permukaan tanah dan dapat menghilangkan tempat berkembangbiaknya bibit penyakit (Sastri, 2019).

Kepadatan penduduk yang semakin meningkat menjadi persoalan yang serius dalam pengolahan air limbah. Rumah tangga yang tinggal diperkotaan sangat membutuhkan pembuangan air limbah. Sebagian besar penduduk perkotaan masih membuang limbah di sungai, selokan ataupun badan sungai lainnya. Hal tersebut dapat merusak ekosistem air karena air limbah yang tidak diolah secara baik akan menyebabkan gangguan terhadap lingkungan sekitar maupun kehidupan yang ada (Sugiharto, 2008).

Air limbah merupakan sumber daya alam yang telah hilang fungsinya, dimana keberadaan air limbah tersebut dapat mengganggu kenyamanan serta keindahan lingkungan sekitar. Limbah merupakan sisa proses kegiatan dan produksi dari rumah tangga ataupun domestik (Wulandari, 2014). Air limbah domestik merupakan buangan dari usaha atau kegiatan rumah tangga, restaurant, perkantoran, apartemen dan asrama. Air limbah domestik bersumber dari seluruh buangan cair rumah tangga seperti buangan kamar mandi, buangan air bekas pencucian pakaian, buangan dari dapur dan lainnya. Air limbah domestik mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis (Yudo dan Setiyono, 2008).

Sebelum dibuang ke lingkungan, air limbah domestik harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu di unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Menurut (Karyadi, 2010) Instalasi Pengolahan Air Limbah merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengolah air

limbah domestik pada suatu wilayah. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) biasa digunakan di industry, rumah tangga, perkantoran, rumah sakit. Fungsi dari adanya unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah untuk mengolah limbah cair dari rumah tangga, industry, perkantoran, rumah sakit agar limbah yang dihasilkan tersebut aman dibuang ke lingkungan.

## 2.2 Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah domestik merupakan ukuran batas atau kadar suatu unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Semua air limbah domestik sebelum dibuang ke saluran umum harus diolah terlebih dahulu sampai memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan. Baku Mutu Air Limbah Domestik tersendiri diatur berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, yang dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
<b>pH</b>	-	6-9
<b>BOD</b>	mg/L	30
<b>COD</b>	mg/L	100
<b>TSS</b>	mg/L	30
<b>Minyak &amp; Lemak</b>	mg/L	5
<b>Ammoniak</b>	mg/L	10
<b>Total Coliform</b>	Jumlah/100 mL	300
<b>Debit</b>	L/orang/hari	100

Sumber: Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016

## 2.3 Sumber dan Karakteristik Air Limbah Domestik

### 2.3.1 Sumber Air Limbah Domestik

Tjokrokusumo (1999), mengatakan bahwa sumber air limbah dari limbah rumah tangga biasanya berasal dari perumahan, daerah perdagangan, daerah perkantoran, fasilitas rekreasi dan industry. Air buangan berasal dari berbagai sumber, secara garis besar dapat dikelompokkan sebagai berikut (Angreni, 2009):

1. Air buangan yang bersumber dari rumah tangga merupakan air buangan yang berasal dari permukiman penduduk. Pada umumnya air buangan ini terdiri dari tinja atau air seni, air bekas cucian dapur, air bekas cucian kamar mandi dan bahan-bahan organik.



2. Air buangan industry merupakan air buangan yang berasal dari berbagai kegiatan industri akibat proses produksi. Zat yang terkandung berbeda-beda, sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industry.
3. Air buangan kotapraja merupakan air buangan yang berasal dari daerah perkotaan, perdagangan, hotel, restoran, tempat umum, tempat peribadatan dan lain sebagainya.

### 2.3.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Beberapa karakteristik yang terdapat pada air limbah perlu diketahui karena hal ini akan menentukan cara pengolahan yang tepat dan baik sehingga tidak mencemari lingkungan hidup.

Tabel 2.2 dibawah ini menunjukkan karakteristik air limbah domestik:

Tabel 2. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik	Parameter
<b>Karakteristik Fisik</b>	Temperatur
	Padatan
	Warna
<b>Karakteristik Kimia</b>	DO
	Bau
	COD
	BOD
<b>Karakteristik Biologis</b>	Nutrient
	Bakteri

#### 2.3.2.1 Karakteristik Fisik

a. Temperatur

Temperatur merupakan panas atau dingin air limbah. Temperature merupakan parameter yang sangat penting karena efek nya akan berdampak terhadap reaksi kimia, laju reaksi dan penggunaan air untuk kegiatan sehari-hari (Metcalf dan Eddy, 2003).

b. Padatan

Total padatan merupakan semua bahan yang terdapat dalam contoh air setelah dipanaskan pada suhu  $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 1 jam. Padatan ini terbagi menjadi dua macam, antara lain:

- TSS (*Total Suspended Solid*)

*Total Suspended Solid* (TSS) merupakan tempat berlangsungnya reaksi kimia yang heterogen. TSS berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan awal. TSS dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan (Intan, 2012).

- TDS (*Total Dissolved Solid*)

*Total Dissolved Solid* (TDS) merupakan bagian dari *total Suspended Solid* berupa padatan terlarut. Pada umumnya, analisis TDS menggunakan suhu 180°C agar air yang tersumbat dapat dihilangkan secara mekanis.

c. Warna

Warna terbagi menjadi dua macam yaitu, *True Color* atau biasa disebut warna sejati merupakan warna yang muncul diakibatkan oleh material koloid. Warna sejati berasal dari penguraian zat organik seperti humus, lignin dan asam organik lainnya. Sedangkan *apparent color* atau biasa disebut warna semua merupakan warna yang muncul akibat materi yang tersuspensi seperti *red clay soil*, pemakaian zat warna oleh industry, pewarna makanan, cat dinding dan lain sebagainya (Sawyer, 2003).

### 2.3.2.2 Karakteristik Kimia

a. Oksigen Terlarut / *Dissolved Oxygen (DO)*

DO merupakan kadar oksigen terlarut yang dalam air yang dibutuhkan untuk respirasi aerob mikroorganisme. Untuk menambah oksigen dalam limbah cair dapat dilakukan dengan cara memasukkan udara dalam air limbah, misalnya dengan penggunaan aerator dan memaksa air keatas untuk berkontak dengan oksigen (Sugiharto, 1987).

b. Bau

Bau yang ditimbulkan oleh air limbah adalah tanda dari adanya pelepasan gas berbau, seperti H<sup>2</sup>S, adanya gas tersebut disebabkan oleh penguraian zat organik sulfat yang minim oksigen (Metcalf dan Eddy, 2003).

c. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menstabilkan materi organik yang dapat terdekomposisi dibawah kondisi aerobik (Sawyer, 2003).

d. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi suatu senyawa organik. Analisis COD perlu dilakukan, berikut ini beberapa alasannya (Metcalf dan Eddy, 2003):

- Ada beberapa materi yang tidak dapat dioksidasi biologi, seperti glukosa dan lignin yang akan teroksidasi secara kimiawi.
- Nilai COD yang tinggi disebabkan oleh tingginya kadar materi organik yang dioksidasi oleh dikromat.

e. Nutrien

Nutrien terdapat di alam mengandung nitrogen dan fosfor yang diperlukan dalam proses metabolisme makhluk hidup. Kadar nutrien yang tinggi dalam air limbah tidak diinginkan karena dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi, yaitu pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrien yang berlebihan ke dalam ekosistem air. Kondisi eutrofikasi sangat memungkinkan alga dan tumbuhan air berukuran mikro lainnya, seperti fitoplankton untuk tumbuh berkembang biak dengan cepat. Tingginya populasi fitoplankton di dalam air akan menimbulkan berbagai akibat negatif bagi ekosistem perairan, seperti rendahnya konsentrasi oksigen terlarut yang menyebabkan makhluk hidup air seperti ikan maupun spesies lainnya tidak bisa tumbuh dengan baik dan akhirnya mati. Hilangnya ikan dan hewan lainnya dalam mata rantai ekosistem air menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem air (Hanafi et al., 2012).

f. Total Nitrogen

Berdasarkan penelitian Putri *et al* (2014), Nitrogen adalah kandungan protoplasma fitoplankton yang diperlukan untuk sintesis protein. Nitrogen dalam air terdiri dari dua kelompok yaitu nitrogen organik dan nitrogen anorganik. Nitrogen anorganik dinyatakan dalam bentuk  $N-NO_3$ ,  $N-NO_2$ ,  $N-NH_3$  yang larut. Nitrogen organik berupa Partikel yang tidak larut dalam air. Tidak ada nitrogen yang langsung digunakan oleh tanaman air melainkan perlu diperbaiki dulu menjadi Amonia ( $NH_3$ ), amonium ( $NH_4^+$ ) dan nitrat ( $NO_3^-$ ).

g. Total Fosfor

Fosfor sangat penting bagi organisme hidup karena air memiliki fungsi sebagai penyimpanan serta transfer energi dari sel. Fosfor dalam air berbentuk senyawa fosfat yang terdiri dari fosfat terlarut dan fosfat partikulat. Fosfat terlarut dipecah

menjadi fosfat fosfat organik berupa ortofosfat dan fosfat anorganik berupa polifosfat (Putri *et al*, 2014).

### **2.3.2.3 Karakteristik Biologis**

Sifat biologi air limbah domestik sangat perlu diketahui hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas serta pengukuran tingkat air sebelum dibuang ke badan air atau sungai. Organisme pathogen yang terdapat dalam air limbah dapat berupa Bakteri, protozoa dan Virus.

Protozoa dapat bersifat aerob, anaerob, parasit maupun fakultatif. Protozoa yang bersifat parasite dapat menginfeksi hewan mamalia bahkan manusia, jenis protozoa yang bersifat parasite yaitu *Giardia lamblia* dan *Cryptosporidium parvum* (Hammer dan Hammer Jr, 2008).

Virus merupakan mikroorganisme sumber penyakit yang terdapat di dalam air limbah. Reovirus dan adenovirus yang telah terisolasi 12 dalam air limbah dapat menyebabkan penyakit pernapasan, gastroenteritis dan infeksi pada mata (Metcalf dan Eddy, 2003).

## **2.4 Pemodelan dan Simulasi**

Model adalah suatu proses penggambaran suatu sistem yang nyata menjadi focus perhatian dan ditampilkan melewati relasi antar elemen pada suatu sistem nyata yang sudah ada, dimana sistem nyata yang dimaksudkan adalah suatu sistem yang sedang terjadi sehingga menjadi suatu permasalahan yang akan diteliti. Sehingga pemodelan dapat diartikan sebagai salah satu proses yang bertujuan untuk pembentukan model pada suatu sistem (Syahri *et al.*, 2018).

Pemodelan simulasi merupakan suatu Teknik dalam pemodelan yang menggambarkan perilaku pada suatu sistem yang hampir sama dengan perilaku sistem yang sebenarnya. Simulasi dapat berfungsi untuk memprediksi perilaku suatu sistem yang dibuat menggunakan data hasil pengamatan yang telah dilakukan. Sehingga hasil pengamatan dari data yang telah dilakukan dapat dihasilkan sebuah prediksi yang kemudian dapat diputuskan tindakan apa yang harus dilakukan dari hasil data pengamatan yang telah dilakukan (Santony, 2019).

## **2.5 Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)**

Sistem lumpur aktif merupakan salah satu proses pengolahan air limbah secara biologis yang mencampurkan air limbah dengan lumpur aktif dalam suatu tangki aerasi. Padatan aktif secara biologis dapat mengoksidasi zat dalam air limbah, yang kemudian akan dipisahkan oleh sedimentasi pada akhir proses. Prinsip dasar sistem lumpur aktif terdiri dari dua unit proses utama yakni tangki aerasi dan tangki sedimentasi. Limbah cair dan biomassa dicampur secara sempurna dalam suatu reaktor dan akan di aerasi. Penggunaan Aerator dengan cara

menghembuskan udara ke dalam air limbah guna mikroorganisme bertahan hidup. Aerasi merupakan sarana pengadukan suspensi. Kemudian campuran biomassa dalam air limbah akan dialirkan ke dalam tangki sedimentasi, sebagian biomassa yang terendapkan dikembalikan ke tangki aerasi dan air yang telah terolah akan dibuang ke lingkungan atau badan air. Kelebihan menggunakan proses pengolahan air limbah system lumpur aktif adalah daya larut oksigen besar, efisiensi proses pengolahan tinggi serta cocok untuk pengolahan air limbah dengan debit yang kecil untuk polutan organik yang susah terdegradasi. Kekurangan menggunakan proses pengolahan air limbah system lumpur aktif adalah area instalasi pengolahan limbah yang luas, proses operasi rumit karena membutuhkan pengawasan yang cukup ketat dan biaya operasi yang relatif mahal karena membutuhkan pompa dan blower (Nuraini, S., 2017).

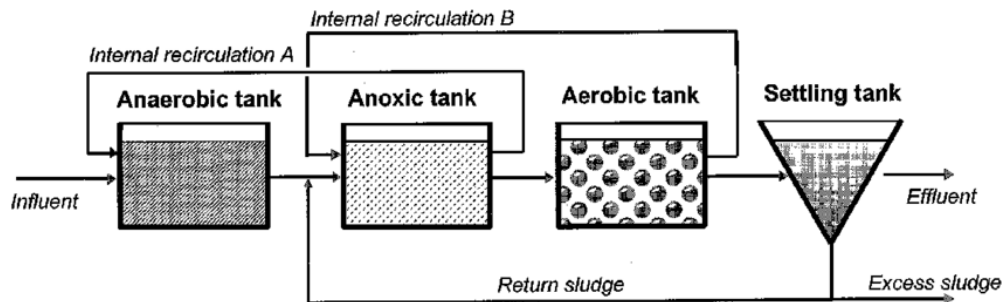
Berdasarkan Buku Master Plan Pengelolaan Air Limbah di DKI Jakarta Republik Indonesia, Lumpur aktif konvensional tidak mampu dalam melakukan penyisihan total nitrogen dan total fosfor. Efisiensi lumpur aktif konvensional dalam melakukan penyisihan TN adalah sebesar 29% sedangkan TP sebesar 25%. Hal tersebut dikarenakan pada teknologi lumpur aktif konvensional hanya memiliki satu fase pengolahan, yakni fase aerobik. Pada proses ini, effluent yang semula kaya akan oksigen lama kelamaan akan mengalami penurunan oksigen ketika berada pada bak pengendap akhir. Sehingga kondisi aerobik akan beralih menjadi kondisi anoksik dimana proses nitrifikasi terjadi. Pada kondisi ini terjadi reverse air limbah yakni dari nitrat menjadi nitrit dan dilepaskan ke udara menjadi gas nitrogen.

## **2.6 Proses UCT (*University of Cape Town*)**

Proses UCT (*University of Cape Town*) merupakan suatu proses yang dirancang untuk meminimalkan efek nitrat ke zona kontak anaerobik (Vaiopouloi et al., 2008). Proses UCT dikembangkan untuk mengatasi masalah resirkulasi nitrat dan oksigen terlarut yang terdapat dalam lumpur aktif. Proses UCT mampu bekerja dengan baik dalam mengurangi senyawa fosfor (P) dalam air limbah (Cooper et al., 1994). Pada teknologi UCT terdapat tiga fase pengolahan antara lain, bak anaerobik, bak anoksik dan bak aerobik, dengan RAS yang dikembalikan ke bak anoksik untuk mencapai denitrifikasi. Dalam proses UCT, bahan organik dihilangkan dengan proses oksidasi terlebih dahulu di zona anoksik (selama denitrifikasi) dan kemudian masuk ke dalam zona aerobik. Nitrogen dihilangkan dalam bentuk molekul melalui nitrifikasi pada bak aerobik dan denitrifikasi pada bak anoksik. Tujuannya adalah agar dapat mengembalikan nitrat yang terbentuk di zona aerobik ke zona anoksik. Pada proses UCT, sebagian besar nitrat dari zona anoksik dicegah memasuki zona anaerobik di mana tahap pertama dari siklus penghilangan fosfor terjadi (Dorofeev et al., 2020). Fungsi Bak Anaerobik



adalah untuk penghilangan fosfor, Bak anerobik ini bebas dari oksigen terlarut dan nitrat. Bak Anoksik berfungsi untuk denitrifikasi nitrat yang terbentuk dari bak aerobic sedangkan fungsi bak aerobic adalah untuk mengkonversi amoniak menjadi nitrat, oksidasi BOD dan penyerapan fosfor. Gambar 2.1 merupakan skema proses UCT (*University of Cape Town*):



Gambar 2. 1 Skema Proses UCT (*University of Cape Town*)

Sumber: Loosdrecht et al., 1997

Tabel 2.3 dibawah ini merupakan ringkasan proses pada masing-masing bak pada teknologi UCT:

Tabel 2. 3 Ringkasan Zona Proses UCT

Bak	Transformasi Biologi	Fungsi	Zona untuk
<b>Anaerobik</b>	Penyerapan dan Penyimpanan VFA dan PAOs	-	Penghilangan Fosfor
	Bahan organik mudah terurai oleh bakteri heterotrof	-	
<b>Anoksik</b>	Denitrifikasi	Konversi nitrat menjadi gas nitrogen	Penghilangan Nitrogen
<b>Aerobik</b>	Nitrifikasi	Konversi amoniak menjadi nitrit dan nitrat	Penghilangan Fosfor
	Penyerapan fosfor		Penghilangan Nitrogen

Sumber: Bengston, 2017

## 2.7 Perbandingan CAS dan UCT

Dalam melakukan penyisihan TP dan TN terdapat perbendaan antara teknologi CAS dan UCT. Perbedaan yang mendasar pada kedua teknologi tersebut dapat dilihat secara teori, dimana karakteristik yang digunakan pada teknologi CAS dan UCT didapatkan dari studi literatur berupa penelitian terdahulu. Tabel 2.4 menunjukkan perbedaan antara kedua teknologi yang akan digunakan:

Tabel 2. 4 Perbandingan Teknologi CAS dan UCT

Karakteristik	CAS	UCT
MLSS (mg/L)	2500-4000 <sup>1</sup>	2000-4000 <sup>2</sup>
HRT (jam)	2-8.5 <sup>1</sup>	Anaerobik= 1-2
		Anoksik= 2-4
		Aerobik= 4-12
		Total= 18 <sup>2</sup>
SRT (hari)	5-15 <sup>1</sup>	10-30 <sup>2</sup>
MLR	-	Bak aerobik ke bak anoksik <sup>2</sup>
		Bak anoksik ke bak anaerobik <sup>2</sup>
F/M (/hari)	0.2-0.6 <sup>1</sup>	0.1-0.2 <sup>2</sup>
Kelebihan	Mampu menurunkan kadar bahan organik dan biaya investasi relative murah	Mampu menyisihkan kadar TP dan TN dalam jumlah yang banyak, Biaya operasional rendah serta mampu menurunkan bahan organik dalam air limbah relative banyak.
Kekurangan	Biaya operasional relative mahal, tidak mampu dalam menyisihkan kadar nutrient dan membutuhkan lahan luas.	Membutuhkan lahan yang sangat luas energi yang digunakan besar.

Sumber: (1) Buku B PUPR; (2) Metcalf and Eddy, 2003

### 2.8 Software STOAT (*Sewage Treatment Operation and Analysis over Time*)

*Software STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis over Time)* merupakan salah satu pemodelan yang sangat multifungsi, dimana pada pemodelan ini mampu menunjukkan kinerja pengolahan air limbah secara keseluruhan. *Software STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis over Time)* memiliki fungsi yaitu untuk mensimulasikan kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara dinamis (Hassan dan Ragheb, 2019). *Software STOAT* dapat mengoptimalkan kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terhadap perubahan beban influen, kapasitas kerja dan kondisi operasi proses. *Software STOAT* dapat

berfungsi untuk meningkatkan influen, mengurangi modal dan biaya operasional, merancang instalasi pengolahan secara lebih efisien, mengoptimalkan operasi instalasi pengolahan dan dapat memecahkan masalah operasional.

## 2.9 Analisis SWOT

Analisis SWOT merupakan metode yang bertujuan untuk menganalisa suatu kondisi baik internal maupun eksternal dalam merancang sebuah strategi dan kemampuan kerja pada teknologi yang akan digunakan (Siddik *et al*, 2021). Pada analisis internal terdiri dari dua faktor antara lain faktor kekuatan (*strengths*) dan faktor kelemahan (*weakness*), sedangkan faktor eksternal adalah faktor peluang (*opportunities*) dan faktor ancaman (*threats*). Pada penelitian ini akan dilakukan analisis SWOT kuantitatif, dimana langkah awal dalam melakukan analisis tersebut adalah dengan cara penentuan parameter penting skoring yang kemudian akan dilakukan analisis dari faktor internal dan faktor eksternal sehingga akan mendapatkan hasil skoring yang akan diplotkan kedalam matriks kuadran. Analisis SWOT akan dirumuskan berdasarkan strategi pengembangan dengan strategi SWOT sesuai matriks SWOT yang dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2. 5 Matriks SWOT

Faktor Internal / Faktor Eksternal	<i>Strengths</i> (S) Kekuatan	<i>Weakness</i> (W) Kelemahan
	<b>Strategi SO</b>	<b>Strategi WO</b>
<b><i>Opportunities</i> (O) Peluang</b>	Menciptakan suatu strategi dengan memaksimalkan kekuatan yang bertujuan untuk memanfaatkan peluang.	Menciptakan suatu strategi dengan meminimalkan kelemahan yang bertujuan untuk memanfaatkan peluang
	<b>Strategi ST</b>	<b>Strategi WT</b>
<b><i>Threaths</i> (T) Ancaman</b>	Menciptakan suatu strategi dengan memaksimalkan kekuatan yang bertujuan untuk mengatasi suatu ancaman.	Menciptakan suatu strategi dengan meminimalkan kelemahan sehingga menghindari ancaman yang akan terjadi dimasa yang akan datang.

Sumber: Rosalina *et al*, 2018

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dapat membantu untuk memperbanyak studi literatur yang akan digunakan sebagai sumber referensi atau sumber informasi tambahan yang dibutuhkan dalam melakukan penyusunan penelitian ini. Penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut:

Tabel 2. 6 Referensi Penelitian Terdahulu

Software	Model	Unit	Skenario	Hasil	Referensi
STOAT	ASM 1 (Model Lumpur Aktif)	SBR	Meningkatkan Kinerja IPAL SBR di Bawah Beban Kejut Hidraulik	Efisiensi penyisihan kadar BOD adalah sebesar 94%, TSS sebesar 94% dan COD sebesar 93%.	Hassan, H.H, dan Ragheb, A.M. 2019. <i>Modelling of an SBR WWTP to Enhance the Performance under Hydraulic Shock Load Using STOAT Software</i> . Jurnal of Civing Engineering and Architecture 13 : 704 – 714.
STOAT	BOD Activated Sludge Model 1 (ASAL 1)	Primary Clarifier Secondary Clarifier (Oxidation Ditch)	Pemodelan kinerja instalasi pengolahan air limbah Kawasan industri	Efisiensi penyisihan kadar TSS, BOD dan COD adalah sebesar 96.12%, 90% dan 93.02%.	Minhaj, P.G.O., Pratama, M.A., Adityosunlindro, S, dan Hartono, D.M. 2020. <i>Modeling performance of industrial park wastewater treatment plant by STOAT</i>

Software	Model	Unit	Skenario	Hasil	Referensi
					<i>Software.</i> Environmental Engineering Study Program, Departement of Civil Engineering: Universitas Indonesia.
STOAT	IAWQ# 1	Oxidation Ditch	Mengevaluasi dan Mengoptimisasi kinerja parit oksidasi melalui pengaruh kualitas air influen (TN, TP dan COD) dan laju aliran air menggunakan software STOAT.	Efisiensi penyisihan TN lebih kuat daripada TP. Kinerja penyisihan COD dari Oxidation Ditch sangat bagus. Laju aliran air sangat penting untuk efisiensi biodegradasi COD. Peningkatan debit cenderung menurunkan COD.	Wang, W., Shi, C., Yang, J., Zeng, M., Dai, Z., and Zhang, Z. 2019. Modelling performance of oxidation ditch in wastewater treatment plant by STOAT software. <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> , 300(3), pp. 032065.



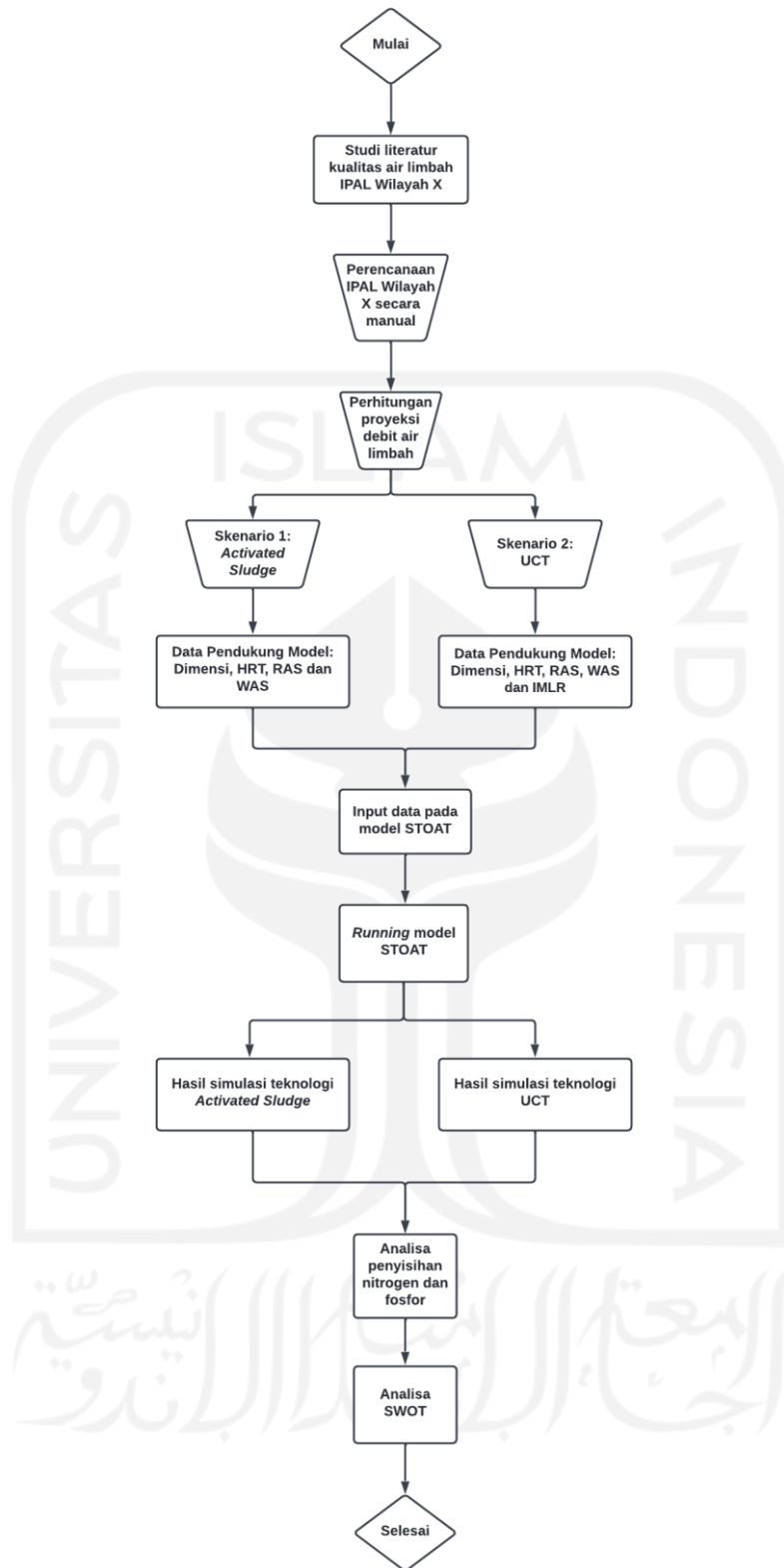
## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, data yang akan digunakan diperoleh dari data sekunder berupa studi literatur berupa kadar *Influent* dan *Effluent* air limbah secara umum di Indonesia dan negara Asia Tenggara. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan dari bulan Desember 2022 hingga April 2022. Proyeksi penduduk yang digunakan dalam penelitian ini berlokasi di IPAL Wilayah X. Gambar 2.3 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan dari awal hingga akhir:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### **3.1.1 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian merupakan suatu objek pengamatan factor pada sebuah penelitian (Christalisana, 2018). Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu variabel bebas variabel tetap. Berikut ini penjelasan dari masing-masing variabel:

#### **3.1.1.1 Variabel bebas**

Variabel bebas biasanya disebut juga variabel stimulus, predictor dan antecedent. Variabel bebas merupakan variabel menjadi sebab timbulnya variabel-variabel lain (Ridha, 2017). Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah Model ASAL5A yang merupakan proses dari UCT dengan tujuan penyisihan kadar nitrogen dan fosfor dalam air limbah.

#### **3.1.1.2 Variabel tetap**

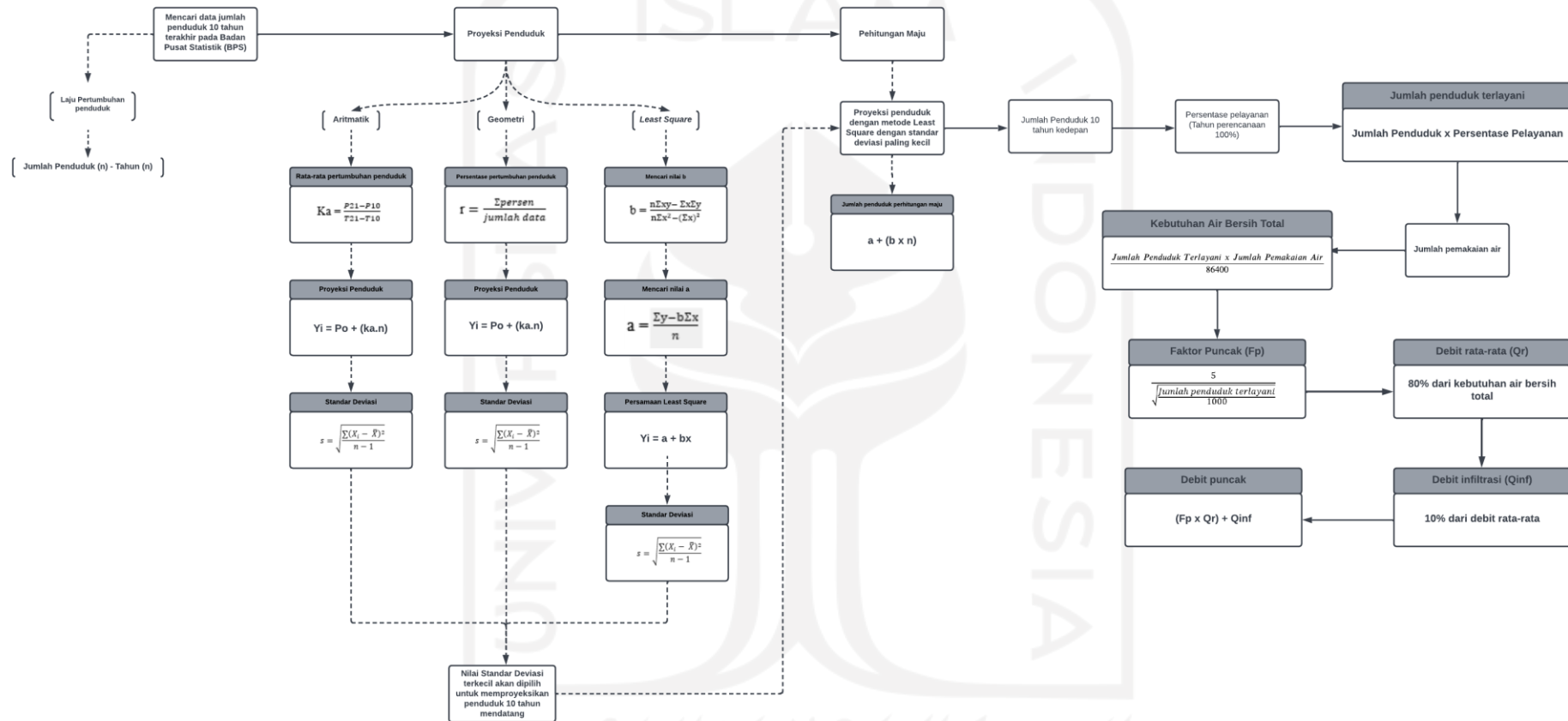
Variabel tetap merupakan variabel yang sengaja nilainya dipertahankan tetap dengan tujuan untuk memastikan bahwa perubahan hasil percobaan bukan karena variabel tersebut. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel tetap adalah penyisihan konsentrasi nitrogen dan fosfor.

### **3.2 Rancangan Perencanaan Unit IPAL**

Pada penelitian ini akan direncanakan IPAL Wilayah X, dimana teknologi yang akan digunakan mengacu pada Penyusunan Master Plan Pengelolaan Air Limbah Wilayah X. Perhitungan dimensi pada tiap teknologi akan mengikuti alur perhitungan berdasarkan data karakteristik air limbah domestik dan debit air limbah. Hasil rancangan unit IPAL ini harus dapat memenuhi kriteria desain dari tiap teknologi. Berikut ini merupakan diagram alir perhitungan rancangan setiap unit IPAL:

## A. Debit Air Limbah

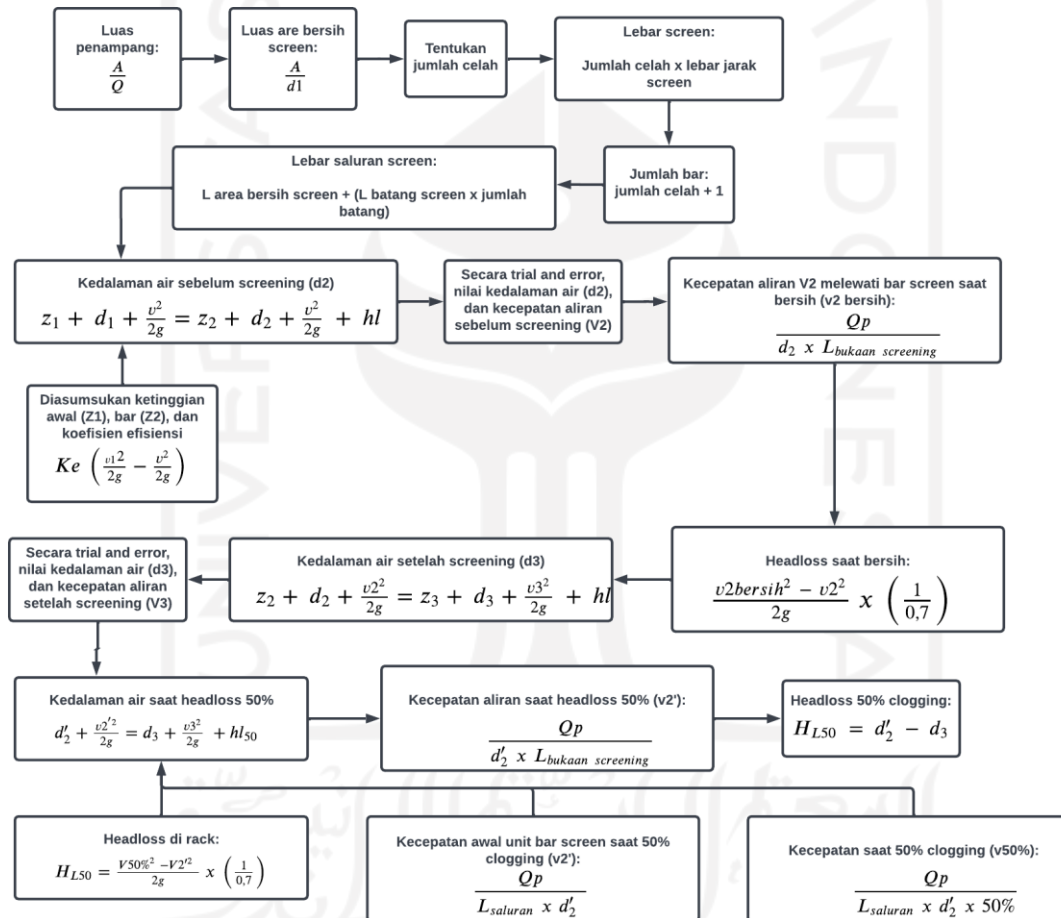
Gambar 3.2 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan debit air limbah:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Perhitungan Debit Air Limbah

## B. Bar Screen

Gambar 3.3 dibawah merupakan diagram alir perhitungan *bar screen*:

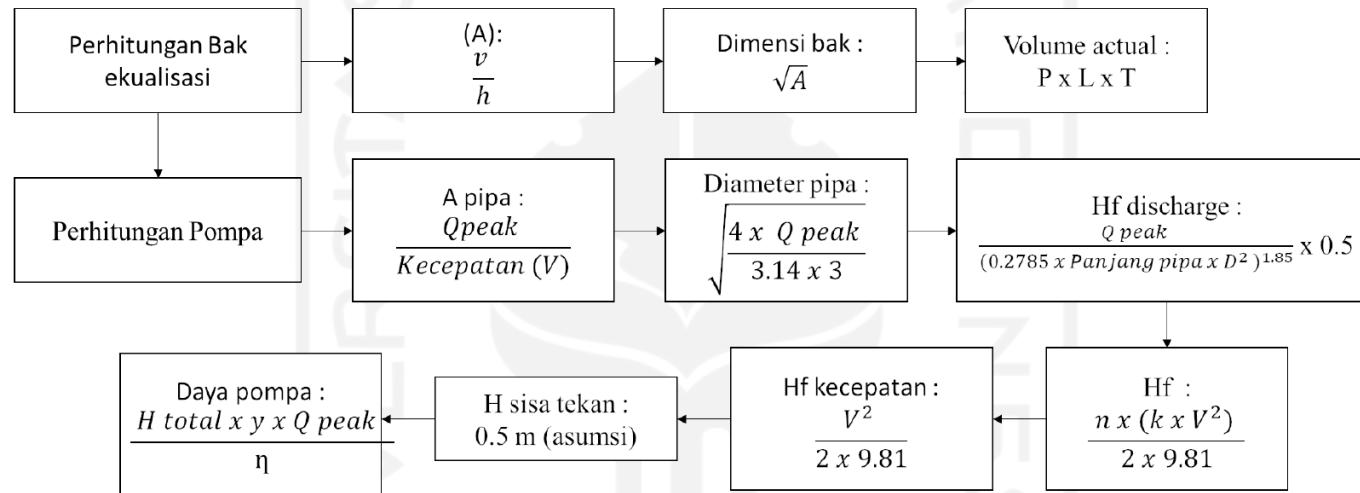


Gambar 3. 3 Diagram Alir Perhitungan *Bar Screen*



### C. Bak Ekualisasi

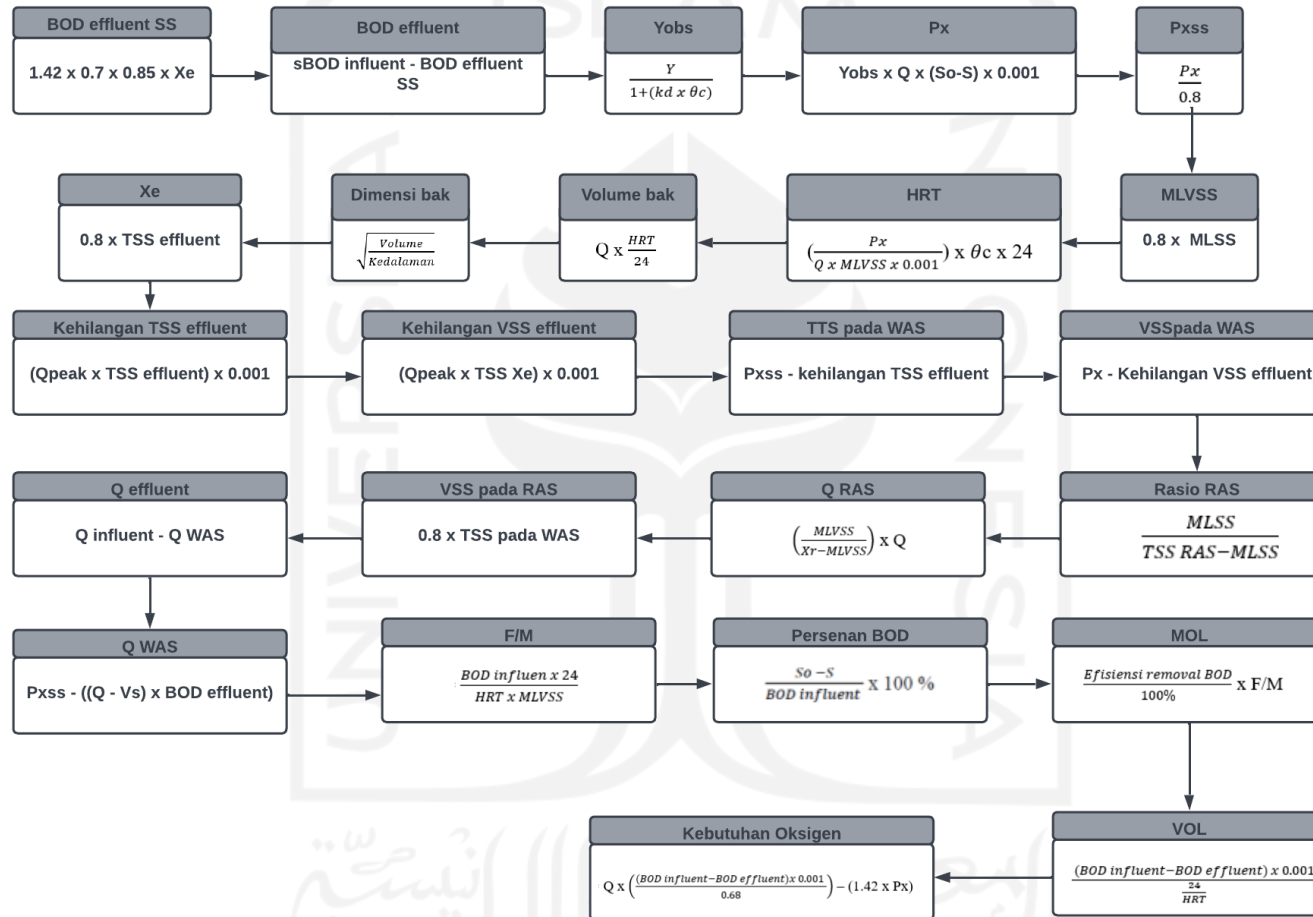
Gambar 3.4 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan bak ekualisasi:



Gambar 3. 4 Diagram Alir Perhitungan Bak Ekualisasi

#### D. Bak Lumpur Aktif Konvensional

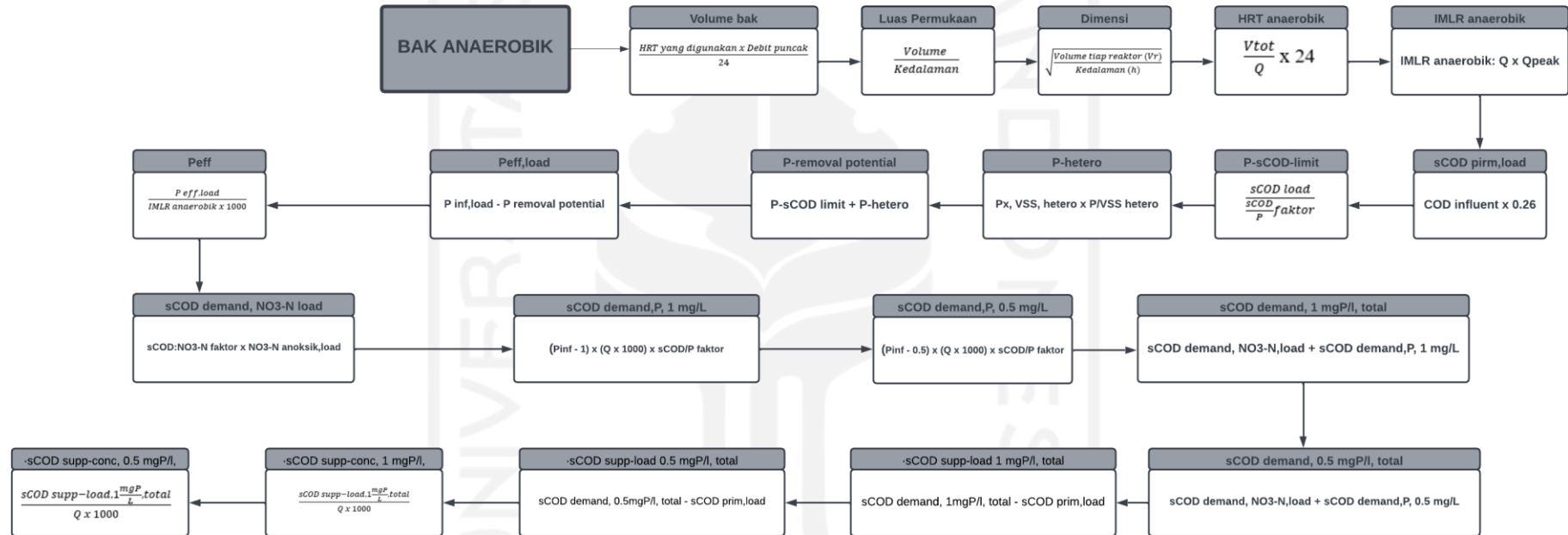
Gambar 3.5 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan lumpur aktif konvensional:



Gambar 3. 5 Diagram Alir Perhitungan Lumpur Aktif Konvensional

E. Bak Anaerobik Teknologi UCT

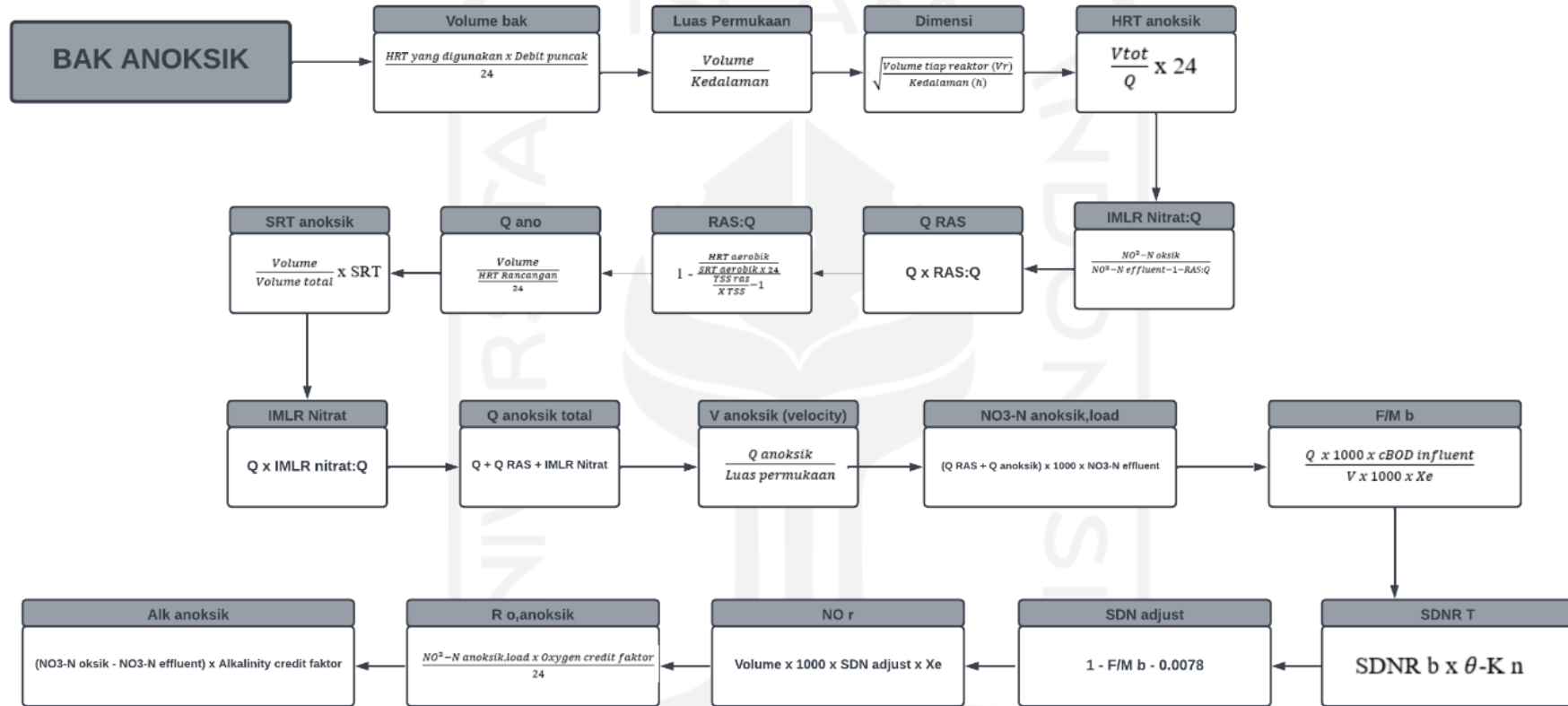
Gambar 3.6 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan Bak Anaerobik pada Teknologi UCT:



Gambar 3. 6 Diagram Alir Perhitungan Bak Anaerobik Teknologi UCT

## F. Bak Anoksik Teknologi UCT

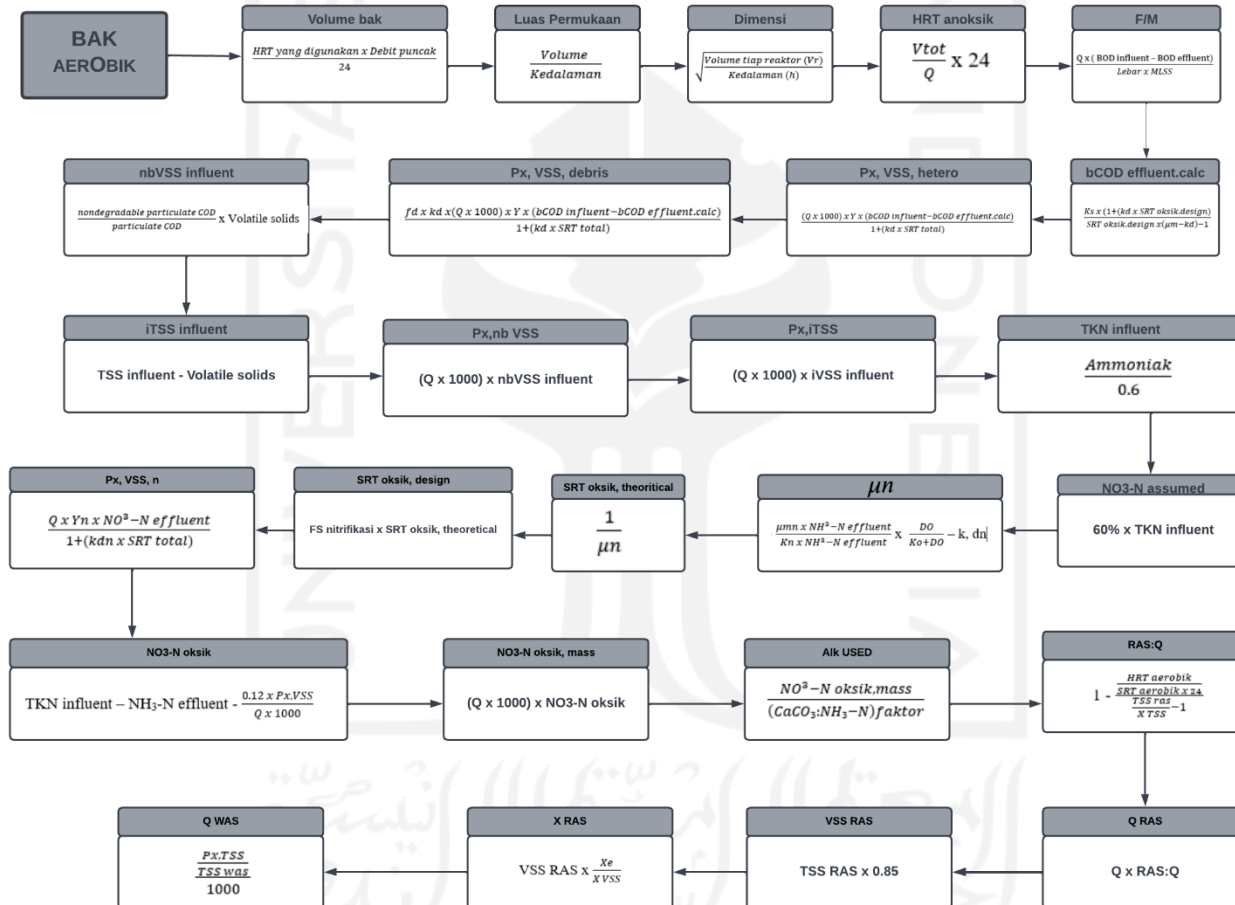
Gambar 3.7 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan Bak Anoksik pada Teknologi UCT:



Gambar 3. 7 Diagram Alir Perhitungan Bak Anoksik Teknologi UCT

G. Bak Aerobik Teknologi UCT

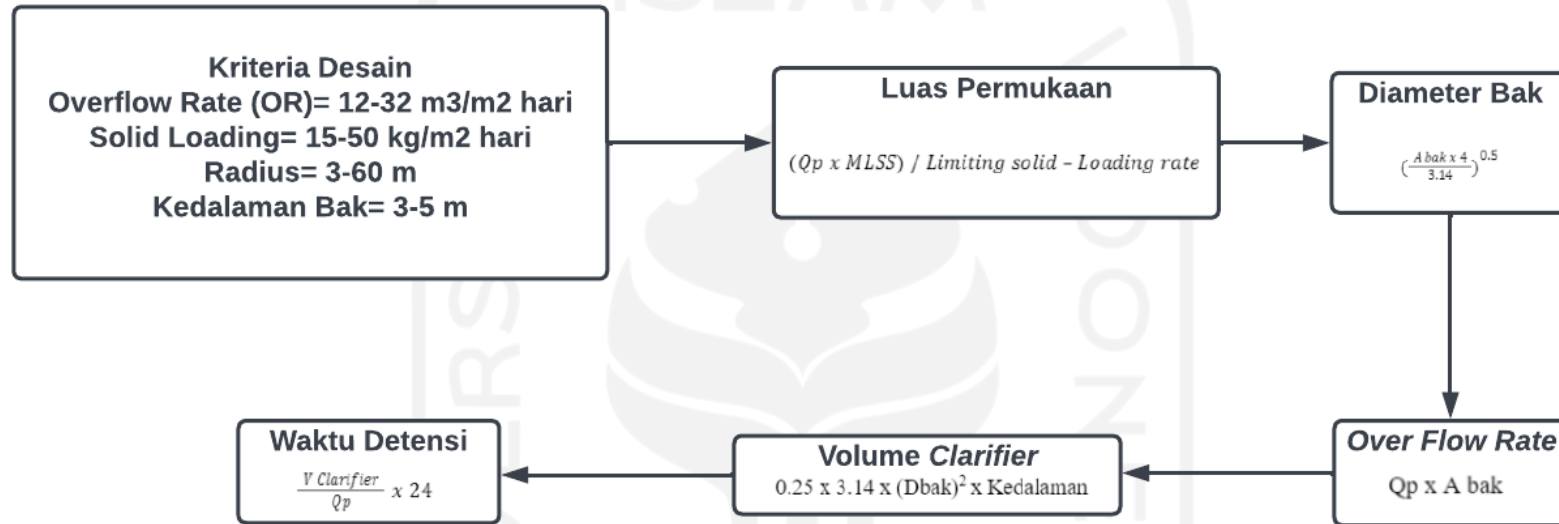
Gambar 3.8 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan Bak Aerobik pada Teknologi UCT:



Gambar 3. 8 Diagram Alir Perhitungan Bak Aerobik Teknologi UCT

H. Bak *Secondary Clarifier*

Gambar 3.9 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan *Secondary Clarifier*:

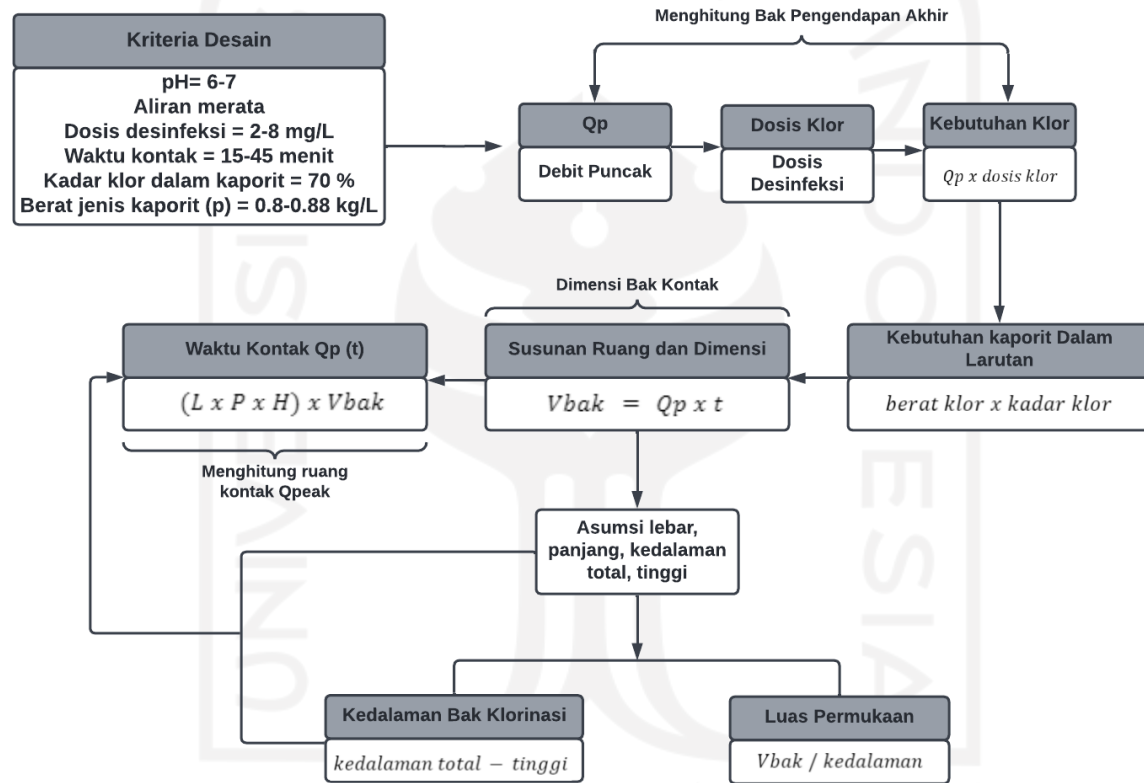


Gambar 3. 9 Diagram Alir Perhitungan *Secondary Clarifier*



I. Bak Klorinasi

Gambar 3.10 dibawah ini merupakan diagram alir perhitungan Klorinasi:



Gambar 3. 10 Diagram Alir Perhitungan Klorinasi

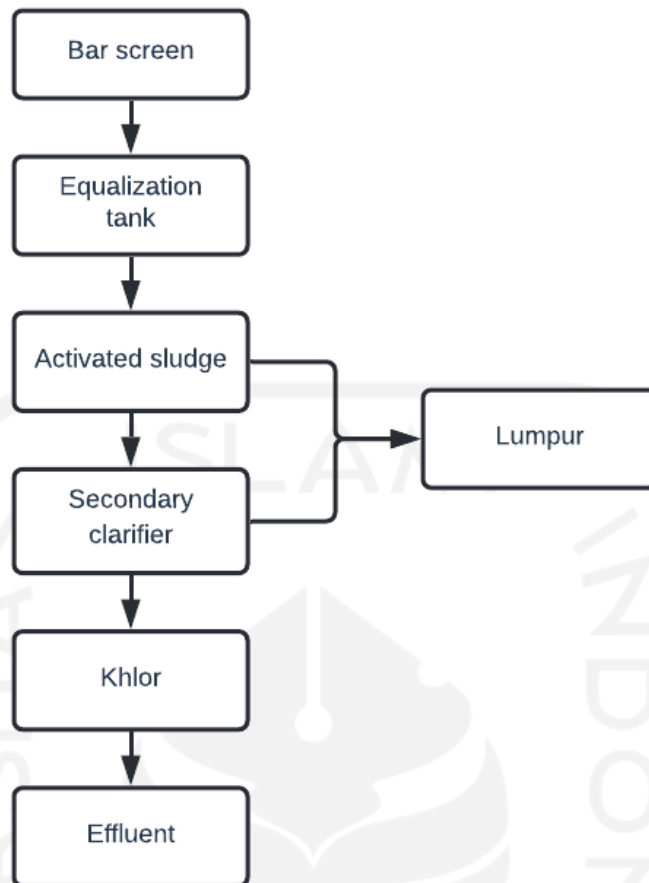
### 3.3 Tahapan Metode Penelitian

Modeling dan Simulasi yang akan dilakukan pada penelitian ini dibantu dengan menggunakan *software* STOAT Version 5.0. Data yang diperlukan pada penelitian ini berupa data sekunder yang diambil melalui studi literatur literature tentang kualitas influen dan effluent IPAL Wilayah X. Data yang dibutuhkan yaitu jumlah pelayanan, debit, volume serta data kualitas effluent dan influen air limbah IPAL X.

Pada penelitian ini menggunakan 2 skenario, dimana skenario 1 merupakan proses pengolahan air limbah IPAL Wilayah X dengan kondisi eksisting yang menggunakan proses lumpur aktif konvensional, sedangkan skenario 2 merupakan unit lumpur aktif yang dimodifikasi menggunakan proses UCT. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa penyisihan nutrient berupa nitrogen dan fosfor pada air limbah domestik melalui unit *Activated Sluge* atau Lumpur Aktif, kemudian akan diberikan solusi yang dapat diterapkan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Wilayah X melalui modifikasi pada unit *Activated Sluge* atau Lumpur Aktif. Modifikasi yang dilakukan menggunakan penerapan proses UCT, dimana proses UCT tersebut mampu menurunkan konsentrasi nitrogen dan fosfor pada air limbah tersebut. Dilakukannya 2 skenario pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui skenario yang terbaik pada perbandingan penyisihan nitrogen dan fosfor. Berikut ini merupakan skenario yang sudah dilakukan:

1. Menghitung perhitungan manual pada perencanaan IPAL X dengan dua skenario berbeda yakni *Activated Sudge* dan *University of Cape Town* (UCT)
2. Membuat Skenario 1 pada IPAL X

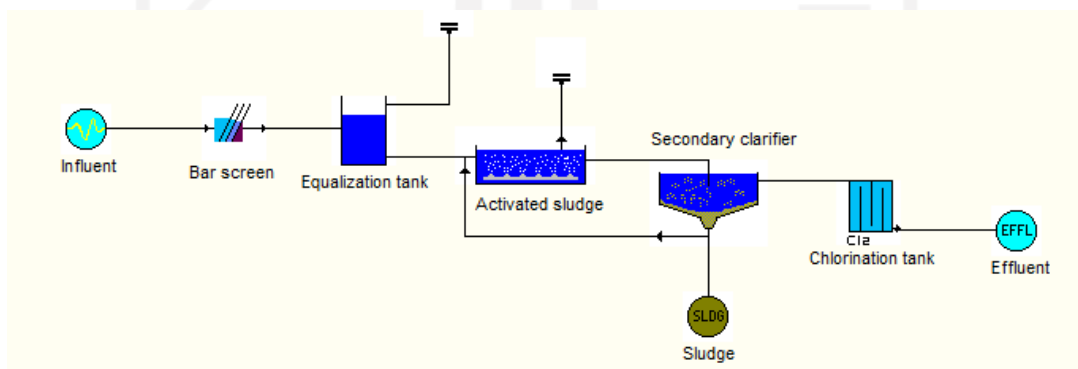
Pengolahan air limbah dibuat sesuai dengan kondisi eksisting yang terdiri dari *Bar Screen*, *Equalization tank*, *Activated sludge*, *Secondary Clarifier* dan *Chlorine tank* dengan menggunakan *software* STOAT versi 5.0. Gambar 3.11 merupakan *flow* proses skenario 1 yang direncanakan:



Gambar 3.11 Diagram Alir Proses Skenario 1

Sumber: Data pribadi, 2022

Gambar 3.12 merupakan Layout IPAL Wilayah X pada Skenario 1:

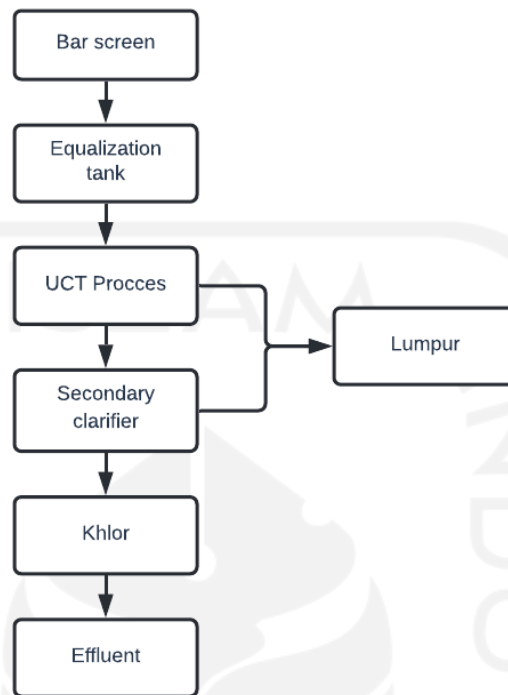


Gambar 3. 12 Layout IPAL Wilayah X menggunakan *Activated Sludge* melalui *Software STOAT*

### 3. Membuat Skenario 2 pada IPAL X

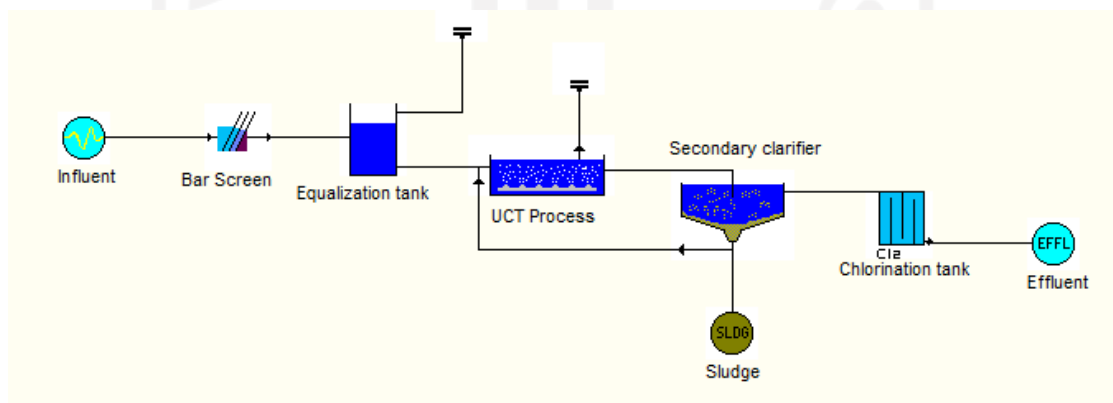
Proses pengolahan air limbah pada unit *Activated sludge* akan dilakukan perubahan yakni dengan proses *UCT*. Pada proses *UCT* terdapat 3 tangki yang berbeda yaitu tangki anaerobik, tangki anoksik dan tangki aerobik. Model yang akan digunakan pada unit

*Activated sludge* yaitu ASAL5A dimana ASAL5A merupakan kode proses modifikasi *Activated sludge* yang digunakan untuk penyisihan nitrogen dan fosfor. Gambar 3.13 merupakan *flow* proses skenario 2 yang direncanakan:



Gambar 3.13 Diagram Alir Proses Skenario 2

Gambar 3.14 merupakan Layout IPAL Wilayah X pada Skenario 2:

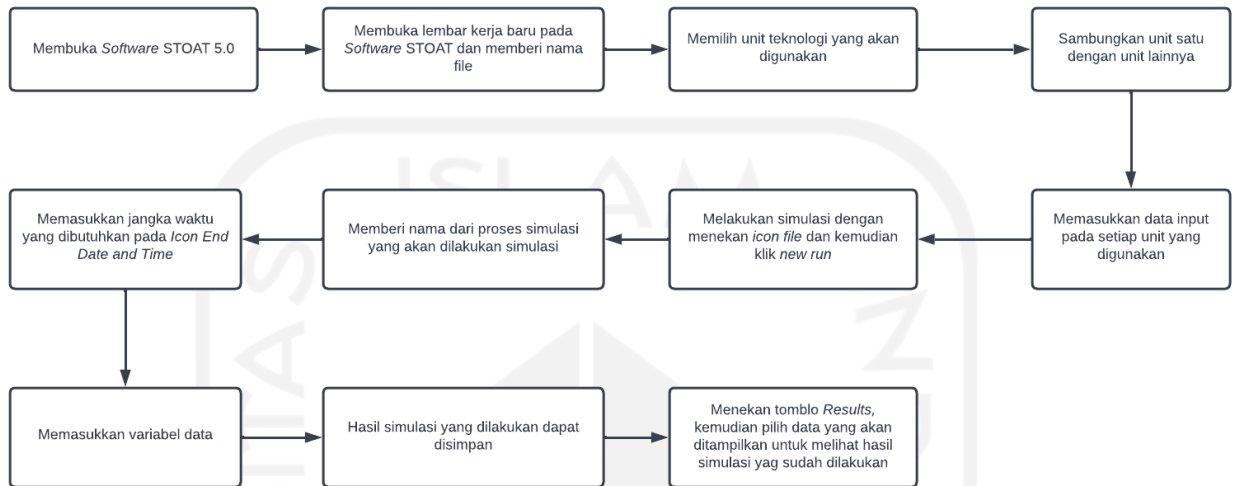


Gambar 3.14 Layout IPAL Wilayah X menggunakan *Activated Sludge* Modifikasi Menggunakan Proses UCT melalui *Software* STOAT

4. Analisa hasil penyisihan nitrogen dan fosfor menggunakan 2 skenario yang sudah dilakukan.
5. Melakukan Analisa SWOT terhadap hasil simulasi penyisihan nitrogen dan fosfor guna untuk menjadi pertimbangan dalam menentukan skenario terbaik terhadap penyisihan nitrogen dan fosfor pada IPAL X.

### 3.4 Prosedur Pembentukan Model

Pembentukan model dilakukan menggunakan *software* STOAT version 5.0. Gambar 3.15 merupakan diagram alir tahapan dalam membentuk model sehingga dapat memperoleh hasil yang diinginkan:



Gambar 3.15 Diagram Alir Proses Pembentukan Model

Sumber: Data pribadi, 2022

### 3.5 Data Input

Data kualitas influent seperti BOD, COD, Ammoniak, Nitrat, Fosfat, Total P dan Total N didapatkan dari jurnal terdahulu sehingga dapat mewakili kondisi IPAL X. Pada penelitian ini, debit yang digunakan sebesar 84.6 m<sup>3</sup>/jam, dimana debit tersebut diperoleh dari proyeksi penduduk pada Wilayah X. *Software* STOAT memerlukan data input yang perlu dimasukkan kedalam system. Tabel 3.1 merupakan data penunjang pada *Software* STOAT:

Tabel 3. 1 Data Pendukung Model STOAT

Parameter	Nilai
Viable autotroph	100
Viable heterotroph	1000
MLSS	2500
DO set point	2

Dalam penelitian ini, Penggunaan *Software* STOAT menggunakan panduan Tutorial WRC, dimana Panduan Tutorial WRC tersebut dikeluarkan oleh perusahaan yang menciptakan *Software* STOAT. Data kualitas air limbah yang sudah didapatkan akan diinput ke dalam

model. Parameter air limbah yang dibutuhkan pada simulasi STOAT antara lain COD, BOD, TSS, Total Nitrogen, Organik Nitrogen, Ammoniak dan Fosfat. Tabel 3.2 merupakan data input pada *Software* STOAT:

Tabel 3. 2 Data Input Software STOAT 5.0

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
<b>Total COD**</b>		250	mg/L
Soluble inert COD	$0.07 \times \text{Total COD}$	17.5	mg/L
Particulate inert COD	$0.15 \times \text{Total COD}$	37.5	mg/L
rbCOD	$0.195 \times \text{Total COD}$	48.75	mg/L
<b>Total BOD***</b>		128	mg/L
Soluble BOD	Total BOD – Particulate BOD	57.5	mg/L
Particulate BOD	$0.5 \times \text{Total TSS}$	70.5	mg/L
<b>Total TSS*</b>		141	mg/L
Volatille Solids	$0.7 \times \text{Total TSS}$	98.7	mg/L
Non-Volatille Solids	Total TSS – Volatile Solids	42.3	mg/L
<b>Total Nitrogen (TN)</b>		34.81	mg/L
<b>Organik Nitrogen*</b>		8	mg/L
Soluble Organic Nitrogen(ON)	$(0.06 \times \text{TN}) + (0.03 \times \text{TN})$	3.13	mg/L
Particulate Organic Nitrogen	ON - sON	4.87	mg/L
<b>Ammoniak</b>		19.5	mg/L
<b>Total Fosfat</b>		12	mg/L
Soluble Fosfat****	$33\% \times \text{TP}$	3.96	mg/L
Volatille Fatty Acid (VFA)	$0.15 \times \text{rbCOD}$	7.313	mg/L
<b>Demand Oxygen (DO)</b>		1	mg/L
<b>Viable autotrophs</b>		0.1	mg/L
<b>Viable heterotrophs</b>		1	mg/L

Sumber: \*(Martins *et al*, 2021), \*\*(Henze *et al*, 2008), \*\*\*(Cardona, 2018), \*\*\*\*(Li & Brett, 2015).



Tabel 3.3 merupakan ketentuan data yang diperlukan tiap teknologi pada IPAL X:

Tabel 3. 3 Ketentuan Data Input Teknologi

<b>Teknologi Pengolahan</b>	<b>Data Input</b>
<b>Influent</b>	
<i>Influent</i>	Flow (m <sup>3</sup> /h), Temperature (°C), 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).
<b>Bar Screen</b>	
<i>Name and Dimensions</i>	<i>Bar Spacing</i> (m).
<b>Equalization Tank</b>	
<i>Name and Dimensions</i>	Model
<i>Initial Conditions</i>	Tank volume (m <sup>3</sup> ), Temperature (°C), 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).
<b>Aeration Tank</b>	
<i>Name and Dimensions</i>	<i>Process model, Volume, Number of stages, Number of MLSS recycles dan Wastage method.</i>
<i>Stage Data (flow distribution data)</i>	Volume distribution, Feed distribution, Return activated sludge distribution, Minimum <i>K<sub>la</sub></i> (1/h), Maximum <i>K<sub>la</sub></i> (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).
<b>Secondary Clarifier</b>	
<i>Name and Dimensions</i>	Model, <i>Number of vertical layers, Surface area, Depth of tank, Depth of feed dan RAS flow.</i>
<i>Operation</i>	RAS flow (m <sup>3</sup> /h), RAS ratio, Sludge wastage flow (m <sup>3</sup> /h), Wastage pump run time (h) dan Wastage cycle time (h).

<b>Teknologi Pengolahan</b>	<b>Data Input</b>
<i>Initial Conditions</i> (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), Nonsettleable (volatile) solids.
<b><i>Chlorination Tank</i></b>	
<i>Name and Dimensions</i>	Volume (m <sup>3</sup> ).
<i>Operation</i>	Change at time (h) dan Chlorine dosage (mg/l).

Sumber: *STOAT versi 5.0*

Pada *Software* STOAT, data input yang dibutuhkan pada tiap teknologi akan berbeda. Berikut ini merupakan data input pada masing-masing teknologi yang digunakan:

a. *Bar Screen*

Data input Bar Screen dapat dilihat pada tabel 3.4:

Tabel 3. 4 Data Input *Bar Screen*

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

b. *Equalization tank*

Data input Bak Ekualisasi dapat dilihat pada tabel 3.5:

Tabel 3. 5 Data Input *Equalization tank*

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

c. Bak Lumpur Aktif

Data input bak lumpur aktif dapat dilihat pada tabel 3.6:

Tabel 3. 6 Data Input Bak Lumpur Aktif

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

d. (University of Cape Town) UCT

Data input teknologi UCT dapat dilihat pada tabel 3.7:

Tabel 3. 7 Data Input UCT

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<i>Name and Dimensions</i>		
<i>Process Model</i>	SSSED1	-
<i>Surface Area</i>	679.09	m <sup>3</sup>
<i>Depth of tank</i>	3	m
<i>Depth of feed</i>	2.5	m

<i>Stage Data</i>		
<i>Volume distribution</i>	0.333	-
<i>Feed distribution</i>	1	-
<i>Minimum Kla</i>	2	-
<i>Maximum Kla</i>	10	-
<i>Dissolved oxygen set point</i>	2	mg/L
<i>MLSS Recycle</i>		
<i>MLSS Recycle Flow</i>	254.66	m <sup>3</sup> /jam
<i>MLSS Recycle Flow</i>	339.54	m <sup>3</sup> /jam
<i>Initial Condition</i>		
<i>Soluble BOD</i>	57.5	mg/L
<i>Ammonia</i>	19.5	mg/L
<i>Soluble phosphate</i>	3.96	mg/L
<i>Dissolved oxygen</i>	1	mg/L
<i>MLSS</i>	2500	mg/L
<i>Viable autotrophs</i>	100	mg/L
<i>Viable heterotrophs</i>	1000	mg/L

e. Secondary clarifier

Data input bak sedimentasi kedua dapat dilihat pada tabel 3.8:

Tabel 3. 8 Data Input Secondary Clarifier

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<i>Name and Dimensions</i>		
<i>Process Model</i>	SSED1	-
<i>Volume</i>	61.12	m <sup>3</sup>
<i>Number of stages</i>	3	-
<i>MLSS recycle</i>	2	-
<i>Initial Condition</i>		
<i>Soluble BOD</i>	57.5	mg/L
<i>Ammonia</i>	19.5	mg/L
<i>Soluble phosphate</i>	3.96	mg/L
<i>Dissolved oxygen</i>	1	mg/L

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
MLSS	2500	mg/L
<i>Viable autotrophs</i>	100	mg/L
<i>Viable heterotrophs</i>	1000	mg/L

Data input bak sedimentasi kedua pada teknologi lumpur aktif dapat dilihat pada tabel 3.9:

Tabel 3. 9 Data Input *Secondary Clarifier* (Bak Lumpur Aktif)

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

Data input bak sedimentasi kedua pada teknologi UCT dapat dilihat pada tabel 3.10:

Tabel 3. 10 Data Input *Secondary Clarifier* (UCT)

<b>Data Input</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<i>Operation</i>		
<i>RAS Flow</i>	298.74	m <sup>3</sup> /jam
<i>RAS ratio</i>	1	-
<i>Sludge wastage flow</i>	1.58	m <sup>3</sup> /jam
<i>Wastage pump run time</i>	24	Jam
<i>Wastage cycle time</i>	24	Jam
<i>MLSS set-point</i>	1	-

f. Klorinasi

Data input klorinasi dapat dilihat pada tabel 3.11:

Tabel 3. 11 Data Input Klorinasi

Data Input	Nilai	Satuan
<i>Name and Dimensions</i>		
Volume	42.4	m <sup>3</sup>
<i>Operation</i>		
<i>Chlorine dosage</i>	2	mg/L

### 3.6 Analisis SWOT

Menurut Kurniawan (2011), Analisis SWOT merupakan suatu analisis dalam bentuk situasi dan kondisi dengan tujuan memberi gambaran pada situasi yang sedang dihadapi atau bahkan yang mungkin akan dihadapi dimasa yang akan datang. Analisis SWOT didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*) dan dapat meminimalkan kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threats*).

Dalam menganalisis teknologi, digunakan teknik deskriptif dengan tujuan untuk menjawab rumusan masalah terkait apa saja kekuatan dan kelemahan pada teknologi *advance* yang digunakan serta apa saja yang menjadi peluang dan ancaman dimasa yang akan datang. Berikut ini merupakan empat faktor utama dalam melakukan Analisa SWOT:

1. *Streghts* (Kekuatan)

Situasi atau kondisi yang merupakan kekuatan dari teknologi *advance* dan teknologi lumpur aktif konvensional,

2. *Weakness* (Kelemahan)

Situasi atau kondisi yang merupakan kelemahan dari teknologi *advance* dan teknologi lumpur aktif konvensional,

3. *Opportunities* (Peluang)

Situasi atau kondisi yang merupakan peluang teknologi *advance* dan teknologi lumpur aktif konvensional dimasa yang akan datang dan

4. *Threats* (Ancaman)

Situasi atau kondisi yang merupakan ancaman bagi teknologi *advance* dan teknologi lumpur aktif konvensional dimasa yang akan datang.



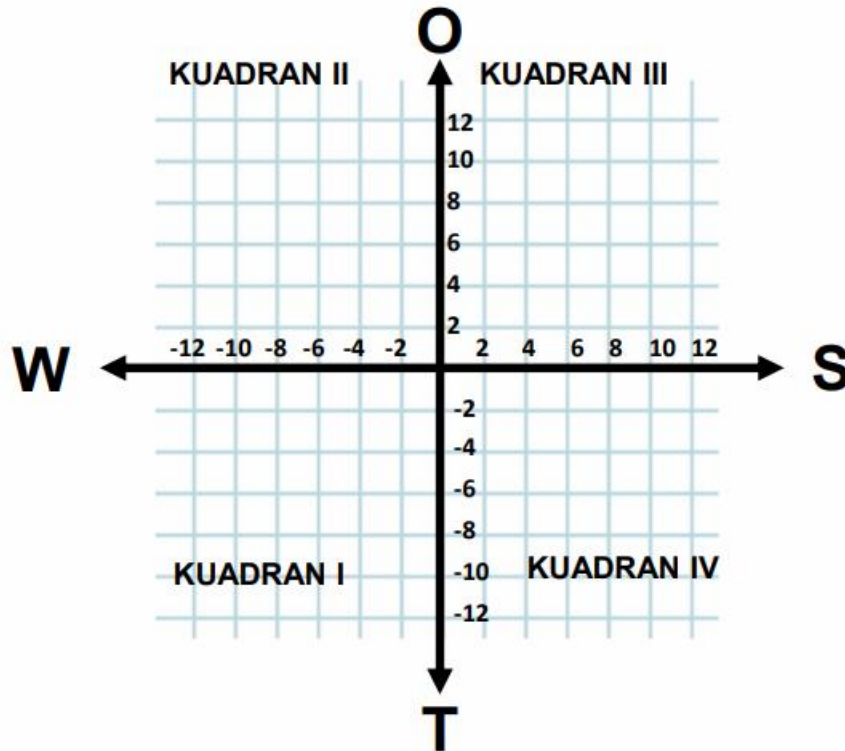
Faktor utama tersebut akan menghasilkan faktor internal dan faktor eksternal dengan pembobotan dan peringkat untuk mengukur posisi teknologi *advance* dan teknologi lumpur aktif konvensional yang digunakan. Bobot menggambarkan skala kepentingan dengan detail skala yang digunakan sebagai berikut:

- 1= tidak mendesak dan tidak penting
- 2= tidak mendesak dan cukup penting
- 3= mendesak dan penting
- 4= sangat mendesak dan sangat penting

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

- 1= berpengaruh tidak kuat
- 2= berpengaruh cukup kuat
- 3= berpengaruh kuat
- 4= berpengaruh sangat kuat

Setelah didapatkan hasil perhitungan dari matriks IFE (*Internal Factor Evaluation*) yang berkaitan dengan kekuatan dan kelemahan serta EFE (*Eksternal Factor Evaluation*) yang berkaitan dengan peluang dan ancaman akan dilakukan pemetaan titik koordinat X dan Y yang sudah didapatkan ke dalam kuadran SWOT. Gambar 3.16 merupakan Kuadran SWOT yang digunakan dalam penelitian:



Gambar 3. 16 Kuadran SWOT

Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing kuadran:

1. Kuadran I (negatif, negatif)

Kuadran I menandakan teknologi yang digunakan lemah dan akan menghadapi tantangan yang besar. Kuadran I disarankan untuk dapat mengendalikan kinerja teknologi yang digunakan agar tidak semakin terperosok.

2. Kuadran II (negatif, positif)

Kuadran II menandakan teknologi yang digunakan lemah namun sangat berpeluang. Pada kuadran II disarankan untuk mengubah strategi, karena dikhawatirkan strategi lama sulit untuk menangkap peluang yang ada serta memperbaiki kinerja teknologi yang digunakan

3. Kuadran III (positif, negatif)

Kuadran III menandakan teknologi yang digunakan kuat namun menghadapi tantangan yang besar. Pada kuadran III, disarankan untuk segera memperbanyak ragam strategi.

4. Kuadran IV (positif, positif)

Kuadran IV menandakan teknologi yang digunakan kuat dan memiliki peluang yang besar. Pada kuadran IV disarankan untuk memperkuat teknologi dan meraih kemajuan secara maksimal.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Perhitungan Teknologi Pengolahan IPAL**

Pada IPAL Wilayah X, teknologi *pre-treatment* yang digunakan berupa bar screen dan bak ekualisasi, dimana bar screen berfungsi untuk menyaring benda-benda kasar yang dapat mengganggu jalannya proses pengolahan air limbah, sedangkan bak ekualisasi berfungsi untuk menstabilkan pH dan debit sehingga menghindari terjadinya *shock loading*. Teknologi pengolahan berikutnya berupa *secondary treatment*. Pada teknologi *secondary treatment* terdapat dua unit yaitu *activated sludge* (lumpur aktif) dan bak sedimentasi 2. Unit *Activated Sludge* atau Lumpur Aktif yang menerima air limbah kota/*municipal wastewater* sebelum melewati tahap pengolahan pendahuluan (skrining dan pembuangan pasir). Limbah dari unit *Activated Sludge* atau Lumpur Aktif selanjutnya diarahkan ke bak sedimentasi 2 yang berfungsi untuk mengendapkan partikel flokulan pada padatan tersuspensi yang masih terbawa dari unit *activated sludge* atau lumpur aktif. Pada tahap akhir, digunakan teknologi berupa *tertiary treatment*, dimana pada teknologi tersebut menggunakan unit klor yang berfungsi untuk membunuh bakteri patogen. Berikut ini merupakan perhitungan dari teknologi yang digunakan:

##### **4.1.1 Perencanaan Debit**

Pada penelitian ini akan melakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Wilayah X dengan menggunakan dua teknologi yang berbeda yaitu *Activated Sludge Convensional* dan *University of Cape Town (UCT)*. Hasil performa dari dua teknologi yang digunakan akan dibandingkan dalam penyisihan nutrient dan fosfor menggunakan *software* STOAT versi 5.0. Perencanaan dilakukan 10 tahun kedepan dimana hak tersebut mampu melayani penduduk Wilayah X. Periode perencanaan dilakukan pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2032.

Dalam penelitian ini, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) X direncanakan dapat mengolah air limbah yang dihasilkan oleh seluruh penduduk Wilayah X. Dalam proyeksi yang direncanakan, 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*.

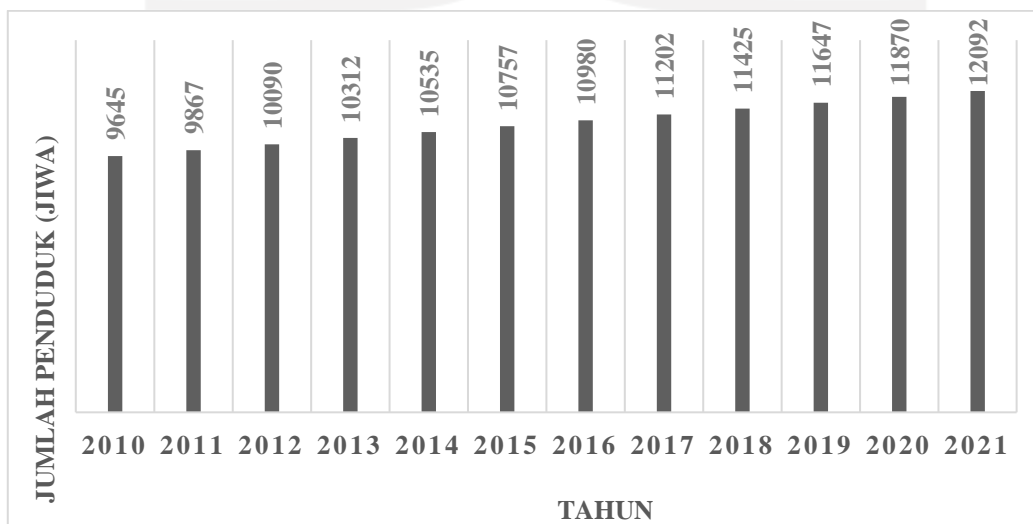
Tabel 4.1 menunjukkan data jumlah penduduk Wilayah X dari tahun 2010 hingga 2021, beserta pertumbuhan penduduknya:

Tabel 4. 1 Jumlah Penduduk Wilayah X

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk	
			Jiwa	Persentase (%)
1	2010	9645	-	0.00%
2	2011	9839	194	1.97%
3	2012	10028	189	1.88%
4	2013	10216	188	1.84%
5	2014	10399	183	1.76%
6	2015	10578	179	1.69%
7	2016	10755	177	1.65%
8	2017	10926	171	1.57%
9	2018	11091	165	1.49%
10	2019	11251	160	1.42%
11	2020	11404	153	1.34%
12	2021	12092	688	5.69%
<b>Jumlah</b>		<b>128224</b>	<b>1606</b>	<b>22.30%</b>
<b>Rerata</b>		<b>10685</b>	<b>178</b>	<b>1.86%</b>

#### A. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

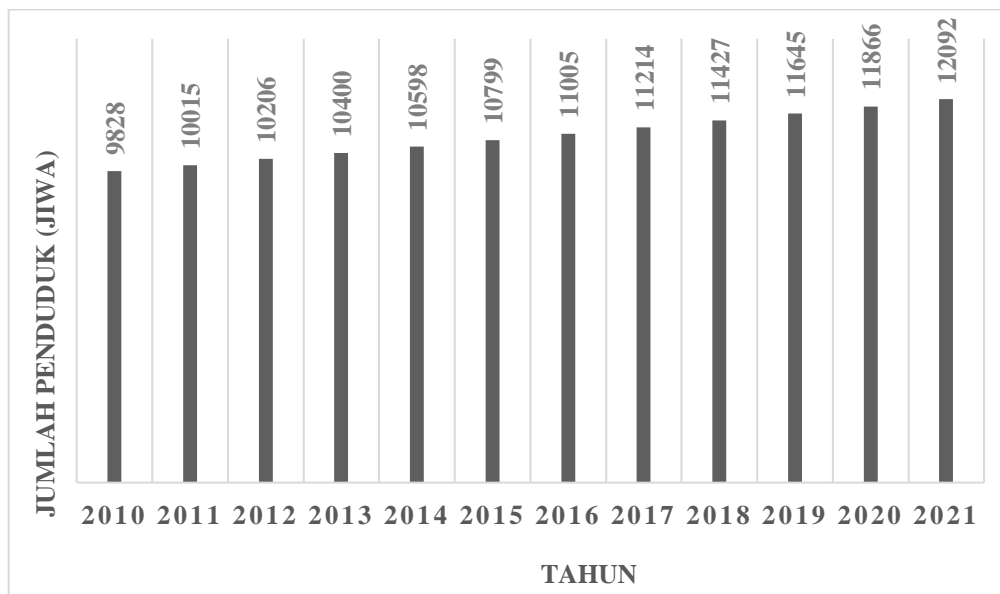
Gambar 4.1 menunjukkan proyeksi penduduk dengan metode aritmatik pada Wilayah X 10 tahun terakhir:



Gambar 4. 1 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

### B. Proyeksi Penduduk Metode Geometri

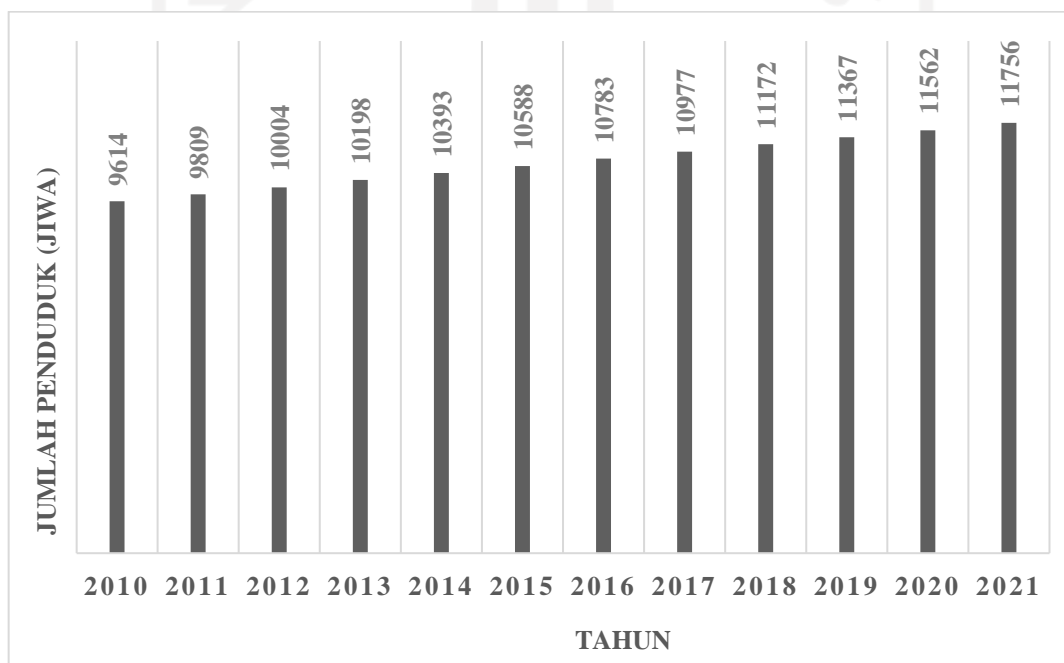
Gambar 4.2 menunjukkan proyeksi penduduk dengan metode geometri pada Wilayah X 10 tahun terakhir:



Gambar 4. 2 Proyeksi Penduduk Metode Geometri

### C. Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Gambar 4.3 menunjukkan proyeksi penduduk dengan metode least square pada Wilayah X 10 tahun terakhir:



Gambar 4. 3 Proyeksi Penduduk Metode Least Square

#### D. Perbandingan Tiga Metode

Tabel 4.2 merupakan perbandingan proyeksi penduduk metode aritmatik, metode geometri dan metode least square:

Tabel 4. 2 Perbandingan 3 Metode

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

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

#### E. Perhitungan Maju

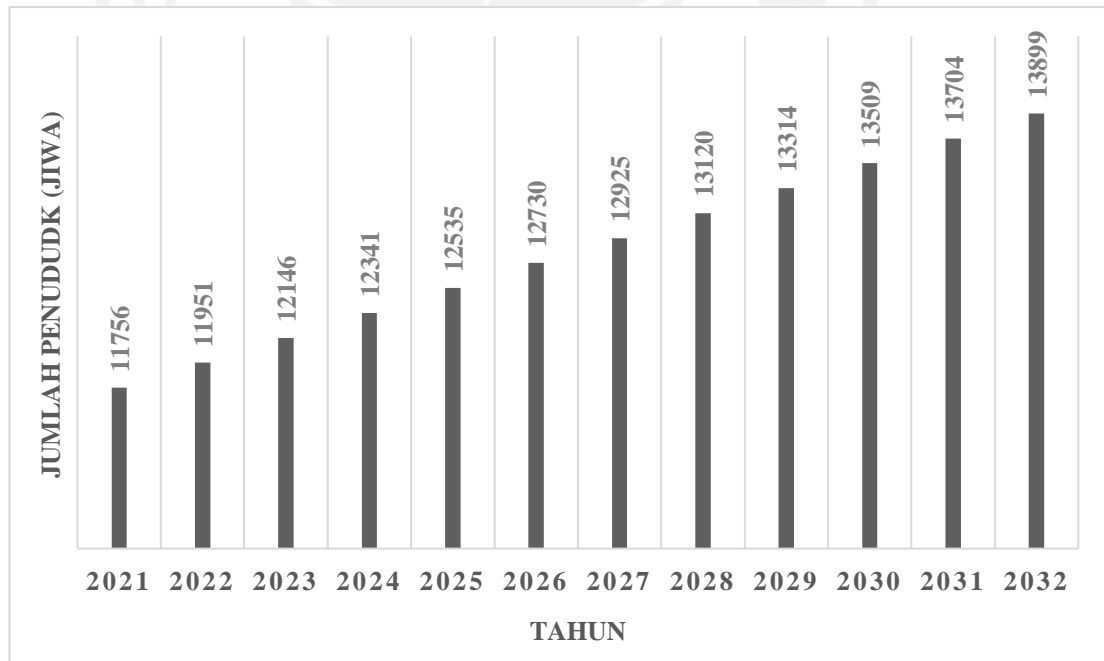
Pada perhitungan maju dilakukan perhitungan proyeksi maju 10 tahun ke depan. Adapun data jumlah penduduk acuan yang digunakan adalah jumlah penduduk pada tahun 2022, kemudian proyeksi penduduk maju yang digunakan dimulai dari tahun 2022 hingga 2032. Proyeksi hitung maju dengan metode Least Square ditunjukkan pada Tabel 4.3:



Tabel 4. 3 Proyeksi Hitung Maju dengan Metode Least Square Wilayah X

No	Tahun	n	Jumlah Penduduk
1	2021	12	11756
2	2022	13	11951
3	2023	14	12146
4	2024	15	12341
5	2025	16	12535
6	2026	17	12730
7	2027	18	12925
8	2028	19	13120
9	2029	20	13314
10	2030	21	13509
11	2031	22	13704
12	2032	23	13899
<b>r</b>		<b>1.90%</b>	

Gambar 4.4 merupakan diagram proyeksi penduduk hitungan maju:



Gambar 4. 4 Proyeksi Penduduk Wilayah X

## F. Perhitungan Debit

Hal yang perlu dilakukan pada saat menentukan proyeksi debit air limbah pada IPAL X adalah menentukan proyeksi air bersih terlebih dahulu. Terdapat V (Lima) golongan yang membagi jumlah penggunaan air bersih berdasarkan jumlah penduduk dan jenis kota

(Ditjen Cipta Karya Dinas PU,1996). Wilayah X termasuk ke dalam golongan V, hal ini dikarenakan Wilayah X memiliki jumlah penduduk <28.000 Jiwa berdasarkan sensus penduduk pada tahun 2021. Oleh karena itu jumlah pemakaian air bersih pada Wilayah X sebesar 60 l/jiwa/hari.

Perhitungan debit air limbah Wilayah X didasarkan pada Persentase Pelayanan, Proyeksi Penduduk dan Penggunaan Air Bersih. Air limbah yang dihasilkan adalah sebesar 60-80% jiwa dari penggunaan air bersih per hari (Buku A Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat). Didapatkan debit puncak Wilayah X pada tahun 2032 sebesar 23.579 L/detik. Tabel 4.4 merupakan debit yang akan digunakan dalam penelitian ini:



Tabel 4. 4 Debit Wilayah X

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Persentase Pelayanan	Jumlah Penduduk Terlayani	Jumlah Pemakaian Air	Kebutuhan Air Bersih Total (Qtotal)		Faktor Puncak (Fp)	Debit AL rata-rata (Qr)		Debit AL infiltrasi (Qinf)		Debit AL puncak (Qpeak)	
		Jiwa	%	Jiwa	L/org/hari	L/hari	lt/dtk		lt/dtk	m3/detik	lt/dtk	m3/detik	lt/dtk	m3/detik
1	2021	11756	70%	8229	60	493769.2	5.715	3.280	4.572	0.00457	0.457	0.000457	15.454	0.015
2	2022	11951	70%	8366	60	501948.4	5.810	3.269	4.648	0.00465	0.465	0.000465	15.660	0.016
3	2023	12146	70%	8502	60	510127.5	5.904	3.259	4.723	0.00472	0.472	0.000472	15.865	0.016
4	2024	12341	80%	9873	60	592350.4	6.856	3.163	5.485	0.00548	0.548	0.000548	17.896	0.018
5	2025	12535	80%	10028	60	601698.0	6.964	3.153	5.571	0.00557	0.557	0.000557	18.123	0.018
6	2026	12730	80%	10184	60	611045.6	7.072	3.143	5.658	0.00566	0.566	0.000566	18.350	0.018
7	2027	12925	90%	11632	60	697942.3	8.078	3.061	6.462	0.00646	0.646	0.000646	20.427	0.020
8	2028	13120	90%	11808	60	708458.3	8.200	3.052	6.560	0.00656	0.656	0.000656	20.674	0.021
9	2029	13314	90%	11983	60	718974.4	8.321	3.043	6.657	0.00666	0.666	0.000666	20.921	0.021
10	2030	13509	100%	13509	60	810544.9	9.381	2.971	7.505	0.00751	0.751	0.000751	23.045	0.023
11	2031	13704	100%	13704	60	822229.4	9.517	2.962	7.613	0.00761	0.761	0.000761	23.313	0.023
12	2032	13899	100%	13899	60	833913.8	9.652	2.954	7.721	0.00772	0.772	0.000772	23.579	0.024

#### 4.1.2 Perhitungan *Pre Treatment*

Dalam pengolahan air limbah, pre-treatment sangat dibutuhkan guna untuk menghilangkan padatan yang kotor sehingga airlimbah dapat menerima pada pengolahan berikutnya. Pada penelitian ini, Pre-treatment yang digunakan berupa Bar Screen dan Bak Ekualisasi.

##### 4.1.2.1 Perhitungan Unit *Bar Screen*

Bar screen digunakan dalam pengolahan air limbah untuk menghilangkan padatan-padatan yang kasar. Padatan tersebut akan disaring dan kemudian dibuang ke wadah yang terletak pada bagian belakang screen untuk penyimpanan sebelum dibuang. Tabel 4.5 merupakan kriteria desain pada unit *Bar Screen*:

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: Tchobanoglous, 2003

Pada penelitian ini, tipe *Bar Screen* yang digunakan adalah *screen* dengan tipe manual. Berdasarkan hasil perhitungan manual, diperoleh luas penampang sebesar 0.038 m<sup>2</sup> dan jumlah bar sebanyak 51 buah. Didapatkan nilai *headloss* pada saat keadaan bersih sebesar 0.02 m sedangkan *headloss* pada saat 50% clogging adalah sebesar 0.33 m. Untuk lebih jelasnya, Tabel 4.6 menunjukkan hasil perhitungan manual pada *bar screen*.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Manual *Bar Screen*

Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah unit	1	buah
Debit puncak (Qp)	0.024	m <sup>3</sup> /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

Parameter	Nilai	Satuan
Kedalaman air di dalam pipa	0.4	m
Ketinggian dasar pipa (Z1)	0	m
Luas penampang bar	0.039	m <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup> /s
V2 melewati bar screen saat bersih	0.585	m <sup>2</sup> /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	
HL 50% clogging	0.329	m

#### 4.1.2.2 Perhitungan Unit *Equalization Tank*

Bak ekualisasi merupakan unit laju aliran yang berfungsi untuk mencapai laju aliran yang konstan. Manfaat dari bak ekualisasi yaitu dapat meminimalisir terjadinya *shock loading* karena meningkatnya pengolahan biologis dalam air limbah dan dapat menstabilkan pH. Tabel 4.7 merupakan kriteria desain pada unit *Equalization Tank*:

Tabel 4. 7 Kriteria Desain Unit *Equalization Tank*

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Kedalaman air minimum	h <sub>min</sub>	1.5-2	m
Ambang batas	h <sub>fb</sub>	1	m
Laju Pemompaan udara	Q udara	0.01-0.015	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .menit
Kemiringan dasar tangki	S	40-100	mm/m diameter
Waktu detensi	t	0.5-2	jam

Sumber: Buku B Cipta Karya dan Priyanka (2012)

Berdasarkan hasil perhitungan manual, diperoleh volume sebesar 1.5 m<sup>3</sup>, Panjang dan luas bak ekualisasi sebesar 4.3 m sedangkan luas permukaan sebesar 18.53 m<sup>2</sup>. Kedalaman bak ekualisasi yang direncanakan pada penelitian ini adalah sebesar 1.5 m. Pada bak ekualisasi digunakan daya pompa sebesar 1.197 kW dengan spesifikasi pompa C1463-880. Tabel 4.8 merupakan hasil perhitungan manual pada bak ekualisasi:

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Manual Bak Ekualisasi

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

Sedangkan Tabel 4.9 merupakan perhitungan manual pompa submersible pada bak ekualisasi:

Tabel 4. 9 perhitungan manual pompa submersible bak ekualisasi

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<b>Head statis</b>	2	m
<b>A pipa</b>	0.024	m <sup>2</sup>
<b>Diameter Pipa</b>	0.10	m
<b>Cek V</b>	1	m/detik
<b>Hf discharge</b>	1.32	m
<b>n</b>	1	
<b>k</b>	0.25	
<b>Hf (akibat belokan 90)</b>	0.013	m
<b>Hf kecepatan</b>	0.051	m
<b>H sisa tekan</b>	0.5	m
<b>Head total</b>	3.89	m
<b>y</b>	9.8	kN/m <sup>3</sup>
<b>η</b>	0.75	$\frac{kw.kN.m}{detik}$
<b>Perhitungan daya pompa</b>	1.197	kw
<b>Spesifikasi pompa</b>	<b>C1463-880</b>	

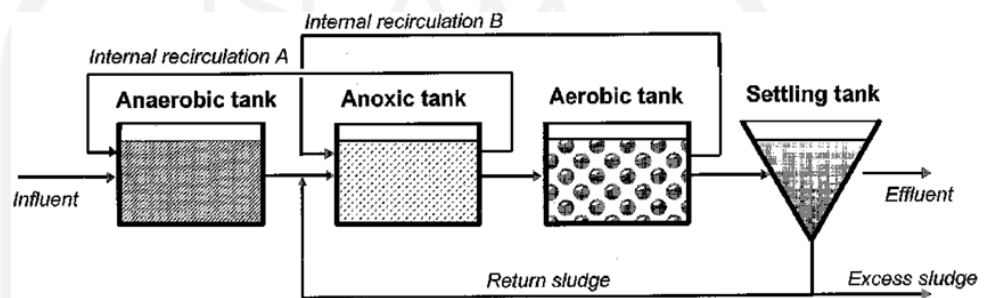
#### 4.1.3 Perhitungan *Secondary Treatment*

Untuk memenuhi standar baku mutu, padatan tersuspensi maupun padatan terlarut harus direduksi terlebih dahulu. Pengolahan organik yakni mengacu pada pengolahan skekunder yang terdiri dari proses kimia, fisika dan biologis. Pada penelitian ini terdapat tiga pengolahan

sekunder antara lain Lumpur Aktif modifikasi UCT, Lumpur Aktif Konvensional dan Bak Pengendap kedua.

#### 4.1.3.1 Perhitungan Unit *Activated Sludge* Metode UCT

Penyisihan kandungan nutrisi berupa nitrogen dan fosfor dalam air limbah dilakukan dengan memodifikasi teknologi pengolahan biologis yang digunakan yakni modifikasi pada unit *Activated Sludge* dengan metode UCT (*University of Cape Town*). Pada metode UCT (*University of Cape Town*) memiliki tiga pengolahan yaitu anaerobic, anoksik dan aerobik. Gambar 4.5 menunjukkan diagram proses UCT (*University of Cape Town*):



Gambar 4. 5 Skema Proses UCT (*University of Cape Town*)

Sumber: Loosdrecht et al., 1997

Pada penelitian ini, air limbah akan mengalami penurunan beban organik (BOD, COD, TSS dan Ammoniak) serta penurunan nutrisi (nitrogen dan fosfor). Tabel 4.10 merupakan kriteria desain yang digunakan:

Tabel 4. 10 Kriteria Desain Proses UCT (*University of Cape Town*)

Parameter	Nilai	Satuan
$\mu_m$	3.0-13.2	g VSS/g VSS.hari
$K_s$	5.0-40.0	g bCOD/m <sup>3</sup>
$Y$	0.3-0.5	g VSS/g bCOD
$K_d$	0.06-0.2	g VSS/g VSS.hari
$F_d$	0.08-0.2	-
$\theta_{\mu m}$	1.03-1.08	-
$\theta_{kd}$	1.03-1.08	-
$\theta_{ks}$	1	-
<b>HRT (<math>\theta</math>)</b>		
<b>Food to microorganism ratio (F/M)</b>	0.1-0.2	lb BOD/lb MLVSS.d
<b>Solids retention time (<math>\theta_c</math>)</b>	10-30	hari
<b>MLSS</b>	2000-4000	mg/L



<b>Zona Anaerobik</b>	1-2	Jam
<b>Zona Anoksik</b>	2-4	Jam
<b>Zona Aerobik</b>	4-12	Jam
<b>Return activated sludge</b>	50-100	% of influent
<b>Internal recycle</b>	100-600	% of influent

Sumber: Metcalf & eddy, 2003

Berdasarkan hasil perhitungan manual, pada bak aerobik diperoleh volume sebesar 339.54 m<sup>3</sup>, Panjang dan lebar sebesar 10.64 m dan luas permukaan sebesar 113.18 m<sup>2</sup>. Pada bak anoksik, diperoleh volume sebesar 254.66 m<sup>3</sup>, Panjang dan lebar sebesar 9.21 m dan luas permukaan sebesar 84.89 m<sup>2</sup>. Pada bak anaerobic diperoleh volume sebesar 84.89 m<sup>3</sup>, Panjang dan lebar sebesar 5.32 m dan luas permukaan sebesar 28.30 m<sup>2</sup>. Tabel 4.11 merupakan hasil perhitungan teknologi UCT dengan 3 fase pengolahan antara lain bak anaerobic, bak anoksik dan aerobic:

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Manual Teknologi UCT

<b>Bak Aerobik</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<b>Vaerobik</b>	339.54	m <sup>3</sup>
<b>Luas permukaan bak oksik</b>	113.18	m <sup>2</sup>
<b>Rasio P:L = 1:1</b>		
<b>Panjang</b>	1	
<b>Lebar</b>	1	
<b>Panjang bak aerobik</b>	10.639	m
<b>Lebar bak aerobik</b>	10.639	m
<b>Kedalaman bak aerobik</b>	3	m
<b>Jumlah bak aerobik</b>	1	buah
<b>V bak aerobik</b>	339.544	m <sup>3</sup>
<b>HRT rancangan</b>	4	jam
<b>HRT aerobik</b>	4	jam
<b>SRT aerobik</b>	7.000	hari
<b>SRT nitrifikasi</b>	4.67	hari
<b>F/M</b>	220.8	kg BOD / kg MLSS / hari
<b>Bak Anoksik</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<b>V anoksik</b>	254.66	m <sup>3</sup>
<b>Panjang bak anoksik</b>	9.21	m
<b>Lebar bak anoksik</b>	9.21	m
<b>Kedalaman bak anoksik</b>	3	m

V ano1 (RAS) volume	254.66	m <sup>3</sup>
Luas permukaan bak anoksik	84.89	m <sup>2</sup>
<b>Rasio P:L = 1:1</b>		
Panjang	1	
Lebar	1	
Panjang bak anoksik	9.21	m
Lebar bak anoksik	9.21	m
Kedalaman bak anoksik	3	m
V ano1/ V anoksik	1	
jumlah bak anoksik	1	buah
V anoksik,active	254.658	m <sup>3</sup>
HRT anoksik	3	jam
HRT rancangan anoksik	3	jam
SRT anoksik	5.3	hari
Q ano	3.537	m <sup>3</sup> /hari
Q anoksik	24143.99	m <sup>3</sup> /hari
v anoksik (velocity)	284.429	m/s
NO <sub>3</sub> -N eff	6	mg/l
NO <sub>3</sub> -N oksik	10.9	mg/l
IMLR nitrate:Q	7.33	
IMLR nitrate	14936.89	m <sup>3</sup> /hari
NO <sub>3</sub> -N anoksik,load	187882970.312	mg/hari
F/M b	0.4	mg cBOD/ mg VSS hari
sCOD:COD (Metcalf & Eddy, Figure 8-23)	0.19	
SDNR b	0.19	mg NO <sup>3</sup> -N/ mg VSS hari
θ-K n	1.026	
SDNR T	0.195	mg NO <sup>3</sup> -N / mg VSS hari
SDN adjust (Metcalf & Eddy, Eq 8-45 and 8-46)	0.63	mg NO <sup>3</sup> -N / mg VSS hari
NO r	458729215.748	mg NO <sub>3</sub> -N/mg
	270846245.436	mg NO <sub>3</sub> -N/hari
<b>Bak Anaerobik</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
V anaerobik	84.89	m <sup>3</sup>
Luas permukaan bak anaerobik	28.30	m <sup>2</sup>
<b>Rasio P : L = 1:1</b>		
Panjang	1	
Lebar	1	
Panjang bak anaerobik	5.32	m
Lebar bak anaerobik	5.32	m
Tinggi bak anaerobik	3	m

<b>Jumlah bak anaerobik</b>	1	buah
<b>V anaerobik, active</b>	84.89	m <sup>3</sup>
<b>HRT rancangan</b>	1	jam
<b>HRT anaerobik</b>	1	jam
<b>SRT anaerobik</b>	2	hari
<b>IMLR anaerobik:Q</b>	4	
<b>IMLR anaerobik</b>	8149.0475	m <sup>3</sup> /hari
<b>sCOD prim,load</b>	65	mg/hari
<b>sCOD load</b>	65	mg/hari
<b>sCOD/P factor</b>	10	mg sCOD/mg P
<b>P-sCOD-limit</b>	7	mg P/hari
<b>P/VSS-hetero</b>	0.015	mg P/ mg VSS
<b>P-hetero</b>	2071838	mg P/hari
<b>P removal-potential</b>	2071844	mg P/hari
<b>P inf,load</b>	2989425	mg/hari
<b>Pinf</b>	12	mg/l
<b>P eff,load</b>	917581	mg/hari
<b>P eff</b>	0.1125998	mg/l

#### 4.1.3.2 Perhitungan Unit *Activated Sludge*

Lumpur aktif merupakan salah satu pengolahan biologis. Pada bak lumpur aktif terdapat tiga komponen utama yaitu bak aerasi yang berfungsi sebagai reactor biologis, bak pengendap akhir yang berfungsi sebagai pemisah padatan dari lumpur aktif dan air limbah yang telah diolah serta peralatan sirkulasi lumpur aktif yang berfungsi untuk mentransfer lumpur aktif yang mengendap di bak akhir (Hutagalung, 2018). Tabel 4.12 merupakan kriteria desain yang digunakan pada unit *Activated Sludge*:

Tabel 4. 12 Kriteria Desain Unit *Activated Sludge*

<b>Parameter</b>	<b>Besar Nilai Kriteria</b>	<b>Kriteria Digunakan</b>
<b>Umur sel (hari)</b>	5 - 15	5
<b>MLSS (mg/l)</b>	2500 - 4000	3000
<b>Koefisien Decay (/hari)</b>	0,025 - 0,075	0.025
<b>Koefisien pertumbuhan (kg VSS/mg BOD5)</b>	0,4 - 0,8	0.8

Sumber: Metcalf & Eddy,1991

Berdasarkan hasil perhitungan manual, diperoleh nilai volume sebesar 339.54 m<sup>3</sup>, Panjang dan lebar sebesar 10.64 m dan HRT sebesar 4 jam. Pada penelitian ini, kedalaman

lumpur aktif konvensional sebesar 3 m. Untuk lebih jelasnya, Tabel 4.13 menunjukkan hasil perhitungan manual teknologi lumpur aktif konvensional:

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Manual Teknologi Lumpur Aktif Konvensional

<b>Perhitungan</b>		
<b>Data Perencanaan</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<b>Jumlah unit</b>	1	buah
<b>Debit (Q)</b>	0.024	m <sup>3</sup> /s
<b>Debit tiap bak (Q)</b>	0.024	m <sup>3</sup> /s
	2037.26	m <sup>3</sup> /hari
<b>Kedalaman</b>	3	m
<b>Mean Cell Retention Time, <math>\theta_c</math></b>	5	hari
<b>Ks</b>	50	mg BOD/l
<b>Y</b>	0.8	kg VSS/kg BOD5
<b>kd</b>	0.025	/hari
<b>MLSS (X)</b>	2500	mg/l
	2.5	kg/l
<b>Rasio P:L = 1:1</b>		
<b>Panjang</b>	1	
<b>Lebar</b>	1	
<b>BOD soluble influen</b>	57.5	mg/l
<b>BOD efluen</b>	35.533	mg/l
<b>Rasio BOD/BODu (f)</b>	0.7	
<b>Fraksi VSS/TSS (G)</b>	0.85	nilai tipikalnya 0,8 - 0,85
<b>Konsentrasi TSS pada efluen</b>	26	mg/l
<b>BOD efluen <i>suspended solid</i></b>	21.967	mg/l
<b>Penyelesaian</b>		
<b>Yobs</b>	0.71	VSS/mg BOD
<b>Total produksi VSS (Px)</b>	133.96	kg VSS/hari
<b>Total produksi TSS (Pxss)</b>	167.45	kg TSS/hari
<b>HRT</b>	4	jam
<b>HRT digunakan</b>	4	jam
<b>Volume Bak</b>	339.54	m <sup>3</sup>
<b>Lebar</b>	10.64	m
<b>Panjang</b>	10.64	m
<b>Xe</b>	20.8	
<b>Kehilangan TSS pada effluent</b>	52.97	kg TSS/hari
<b>Kehilangan VSS pada effluent</b>	42.38	kg VSS/hari
<b>TSS in WAS</b>	114.48	kg TSS/hari
<b>VSS in WAS</b>	91.58	kg VSS/hari
<b>TSS ras</b>	10000	mg/l

Q WAS	11.45	m <sup>3</sup> /hari
Q WAS digunakan	11	m <sup>3</sup> /hari
Q effluent	2025.81	m <sup>3</sup> /hari
Xr (Konsentrasi VSS pada RAS)	8000	VSS/l
Qr (Q ras)	679.09	m <sup>3</sup> /hari
MLVSS (X)	2000	mg TSS/L
Rasio RAS	0.33	
F/M	0.4	mg BOD / mg VSS
Mass organic loading (MOL)	0.28	mg BOD/mg VSS hari
Volumetric organic loading (VOL)	0.55	kg BOD/m <sup>3</sup> hari
Kebutuhan oksigen (O <sub>2</sub> )	86.81	kg O <sub>2</sub> /hari

#### 4.1.3.3 Perhitungan Unit *Secondary Clarifier*

Tabel 4.14 merupakan kriteria desain yang digunakan pada unit *Secondary clarifier*:

Tabel 4. 14 Kriteria Desain Unit Secondary Clarifier

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

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

Berdasarkan hasil perhitungan manual, diperoleh luas permukaan bak sebesar 61.12 m<sup>2</sup>, diameter bak sebesar 8.824 m dan waktu detensi sebesar 2.52 jam. Kedalaman yang direncanakan pada bak sedimentasi kedua adalah sebesar 3.5 m. Untuk lebih jelasnya, Tabel 4.15 merupakan hasil perhitungan manual pada bak sedimentasi kedua:

Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Manual Bak Sedimentasi Kedua

PERHITUNGAN		
DATA PERENCANAAN		
Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah unit	1	buah
Debit puncak (Q <sub>p</sub> )	0.02358	m <sup>3</sup> /s
	2037.262	m <sup>3</sup> /hari
V lumpur rata-rata (VL)	2037.30	m <sup>3</sup> /hari
Rasio resirkulasi	125	
MLSS	3000	mg/l
	3	
Kedalaman bak	3.5	m
Waktu detensi (dt)	2	jam
PENYELESAIAN		

<b>Limiting Solid - Loading Rate (SF)</b>	100	kg/m <sup>2</sup>
<b>Luas permukaan (A bak)</b>	61.12	m <sup>2</sup>
<b>Diameter bak (Dbak)</b>	8.824	m
<b>Luas bak aktual</b>	61.118	m <sup>2</sup>
<b>Overflow Rate (OR)</b>	33.33	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hari
<b>Volume clarifier</b>	213.91	kg/m <sup>2</sup> hari
<b>Waktu detensi (dt)</b>	2.52	jam

#### 4.1.4 Perhitungan Tertiary Treatment

##### 4.1.4.1 Kloror

Air limbah yang mengandung berbagai macam tipe organisme dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan memiliki asosiasi dengan penyakit tersebar (*waterborne diseases*). Terdapat macam-macam tipe desinfeksi. Namun pada penelitian ini digunakan desinfeksi jenis klorinasi.

Tabel 4.16 merupakan kriteria desain pada unit Kloror:

Tabel 4. 16 Kriteria Desain Unit Kloror

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

Sumber: Priyanka, 2012

Dari perhitungan manual yang sudah dilakukan, diperoleh volume bak sebesar 22.5 m<sup>3</sup>, Panjang dan lebar sebesar 6.67 m dan kedalaman bak yang direncanakan adalah sebesar 1.5 m. Tabel 4.17 merupakan tabel hasil perhitungan klorinasi:

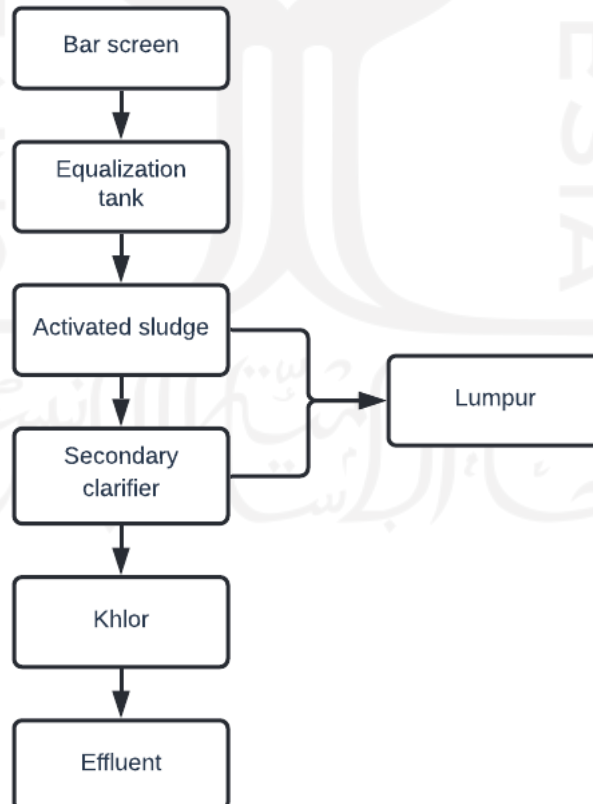
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Manual Klorinasi

<b>PERHITUNGAN (STP A Malaysia)</b>		
<b>DATA PERENCANAAN</b>		
Parameter	Nilai	Satuan
<b>Debit dari sedimentasi</b>	2037.262	m <sup>3</sup> /hari
<b>Dosis klor yang diberikan</b>	2	mg/L
<b>Kadar klor</b>	0.7	
<b>Waktu detensi</b>	15	menit
<b>Jumlah bak pelarut</b>	1	buah
<b>Panjang bak pelarut</b>	5	m
<b>Lebar bak pelarut</b>	3	m
<b>Kedalaman bak pelarut</b>	1.5	m
<b>Jumlah sekat</b>	4	buah

Jarak sekat	0.75	m
Jumlah bak pembubuh	1	buah
Panjang bak pembubuh	2.5	m
Lebar bak pembubuh	2.5	m
Kedalaman bak pembubuh	1.5	m
PENYELESAIAN		
Volume bak pelarut	22.5	m <sup>3</sup>
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 pembubuh	9.38	m <sup>3</sup>
Waktu kontak pada Qpeak (t)	0.00460	jam

#### 4.2 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

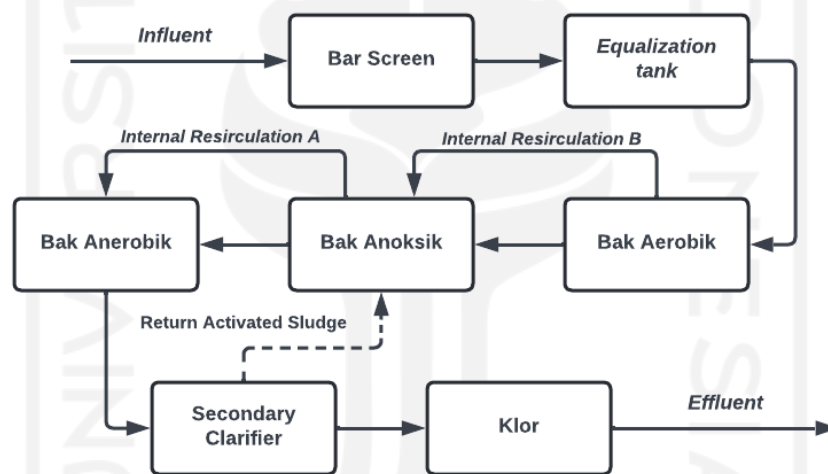
Dalam penelitian ini, IPAL Wilayah X yang dibangun akan direncanakan menggunakan dua teknologi yang berbeda, kemudian akan dinilai sesuai dengan kemampuannya dalam penyisihan nitrogen dan fosfor. Gambar 4.6 merupakan teknologi pengolahan air limbah yang direncanakan pada IPAL Wilayah X:



Gambar 4. 6 Diagram Alir IPAL Wilayah X



Pada skenario 2, IPAL X dirancang menggunakan teknologi *University of Cape Town* (UCT) dengan mempertimbangkan nilai ekonomis dan ketersediaan lahan pada IPAL X. Pengolahan biologis *Conventional Activated Sludge* akan dimodifikasi menggunakan metode *University of Cape Town* (UCT). Proses UCT mampu bekerja dengan baik dalam mengurangi senyawa fosfor (P) dalam air limbah (Cooper et al., 1994). Dalam proses UCT, bahan organik dihilangkan dengan proses oksidasi terlebih dahulu di zona anoksik (selama denitrifikasi) dan kemudian di zona aerobik. Nitrogen dihilangkan dalam bentuk molekul melalui nitrifikasi (zona aerobik) dan denitrifikasi (zona anoksik). Tujuannya adalah agar dapat mengembalikan nitrat yang terbentuk di zona aerobik ke zona anoksik. Pada proses UCT, sebagian besar nitrat dari zona anoksik dicegah memasuki zona anaerobik di mana tahap pertama dari siklus penghilangan fosfor terjadi (Dorofeev et al., 2020). Gambar 4.7 merupakan diagram alir IPAL X menggunakan metode *University of Cape Town* (UCT):



Gambar 4. 7 Diagram Alir IPAL X Metode *University of Cape Town* (UCT) Wilayah X

#### 4.2.1 Skenario Perhitungan Manual

Pada penelitian ini, terdapat dua teknologi yang akan digunakan untuk melakukan penyisihan nutrient yakni Lumpur Aktif Konvensional dan Lumpur Aktif modifikasi *University of Cape Town* (UCT). Lumpur aktif konvensional merupakan pengolahan air limbah secara biologis, lumpur aktif akan memanfaatkan peran bakteri aerobik untuk mendegradasi bahan organik yang terdapat didalam air limbah (Pranoto et al. 2019). Proses pengolahan air limbah dimulai dari air limbah akan ditampung ke dalam bak penampung air limbah yang berfungsi untuk pengatur debit air limbah, pak bak penampung dilengkapi dengan saringan kasar untuk memisahkan kotoran yang besar. Didalam bak aerasi ini air limbah dihembus dengan udara. Mikroorganisme yang ada akan menguraikan bahan organik dalam air

limbah. Energi yang diperoleh dari hasil penguraian bahan organik dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya sehingga biomassa tumbuh dan berkembang banyak. Biomassa atau mikroorganisme ini memecah polutan dalam air limbah. Air mengalir dari kolam aerasi ke bak pengendap akhir. Lumpur aktif yang terdapat di bak pengendap akhir mengandung massa mikroorganisme yang akan diendapkan dan dipompa kembali ke inlet tangki aerasi yang dilengkapi dengan pompa sirkulasi lumpur. Air limpasan dari *secondary clarifier* mengalir ke bak klorin. Di dalam bak kontak ini air limbah bersentuhan dengan kontak membran pemisahan klorin yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air yang diolah dapat langsung keluar setelah proses klorinasi sehingga aman untuk dibuang ke sungai (Said *et al*, 2007).

Pada lumpur aktif modifikasi *University of Cape Town* (UCT) terdapat tiga bak antara lain bak anaerobik, bak anoksik dan bak aerobik. Pada proses UCT, organisme mengalami siklus antara kondisi anaerobik dan kondisi anoksik (denitrifikasi), yang merangsang pertumbuhannya. Denitrifikasi memiliki keuntungan utama bahwa kandungan COD lebih sedikit diperlukan dalam proses penghilangan nutrisi, sehingga memperluas jangkauan operasional proses biologis. Bakteri akan mengakumulasi polifosfat denitrifikasi untuk merancang jenis baru proses pengolahan air limbah di mana nitrit yang tumbuh lambat dan heterotrof yang tumbuh cepat akan dipisahkan. Setelah dari reaktor anaerobik, campuran lumpur dan air dipisahkan. Air yang mengandung amonium dinitrisasi dalam sistem terpisah dan setelah itu dicampur dengan lumpur lagi dalam reaktor serapan denitrifikasi/fosfat (Loosdrecht *et al*, 1997).

Pada penelitian ini, simulasi yang akan dilakukan menggunakan bantuan *Software* STOAT 5.0. Simulasi dilakukan menggunakan dua teknologi yang berbeda yaitu lumpur aktif konvensional dan lumpur aktif modifikasi *University of Cape Town* (UCT). Pada perhitungan manual yang sudah dilakukan akan membantu proses simulasi dimana data pendukung yang dibutuhkan pada *Software* STOAT seperti Debit *Waste Activated Sludge* (Q WAS), Debit *Recycle Activated Sludge* (Q RAS) dan *Mixed Liquor Recirculation* (MLR). Selain data tersebut, kebutuhan lahan setiap unit dan dimensi setiap unit diperoleh dari perhitungan manual. Sehingga simulasi yang sudah dilakukan pada IPAL X menggunakan *Software* STOAT 5.0 akan mendapatkan data *effluent* bahan organik dan kadar Total P serta Total N. Pada kedua skenario, akan dilakukan perbandingan untuk mendapatkan performa terbaik dalam penyisihan nutrisi.

#### 4.2.2 Karakterisasi Air Limbah Domestik

Pada penelitian ini, karakteristik air limbah didapatkan dari data sekunder berupa studi literatur yang dilakukan pada penelitian terdahulu sehingga mendukung karakteristik air limbah yang dapat mewakili kondisi air limbah Indonesia dan Asia Tenggara khususnya untuk kandungan nitrogen dan fosfor. Data kuantitas air limbah didapatkan menggunakan data perhitungan proyeksi air limbah Wilayah X tahun 2032. Kualitas *influent* yang didapatkan akan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PermenLHK) No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan. Tabel 4.18 merupakan kualitas yang digunakan dalam perencanaan IPAL X menggunakan metode *Biological Nutrient Removal* (BNR)-UCT:

Tabel 4. 18 Karakteristik Air Limbah

Parameter	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu
	Influent	Effluent	
TSS <sup>(1,2)</sup>	141	26	30
BOD <sup>(2)</sup>	128	36	30
COD <sup>(3)</sup>	250	116.8	100
Ammoniak <sup>(4)</sup>	19.5	14.34	100
Total fosfor <sup>(4)</sup>	12	-	-
Total Nitrogen <sup>(3)</sup>	34.81	20	-
Nitrat <sup>(4)</sup>	7	-	-
Nitrit <sup>(5)</sup>	0.31	0.033	-
Fosfat <sup>(6)</sup>	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) Sabeen, A.H., Ngadi, N., Noor, Z.Z., Raheem, A.B., Agouillal, F., Mohammed, A.A., & Abdulkarim, B.I. (2018). (5) Lumunon, E., Riogilang, H., & Supit, C. (2021). (6) Mushinin. (2019).

Terdapat tiga kategori kekuatan dalam air limbah yaitu *high strength wastewater*, *medium strength wastewater* dan *low strength wastewater*. Perbedaan yang mendasar diantara tiga kekuatan tersebut adalah kadar influent dan effluent yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya, tabel 4.19 menunjukkan perbedaan antara ketiga kekuatan tersebut:

Tabel 4. 19 Perbedaan *Low*, *Medium* dan *High Strength*

	<i>Strength</i>	<b>COD</b>	<b>BOD</b>	<b>TN</b>	<b>TP</b>
<b>Influent</b>	<i>Low</i>	250	122.9	20	4
	<i>Medium</i>	430	211.4	40	7
	<i>High</i>	800	393.3	70	12
<b>Effluent</b>	<i>Low</i>	20.8	2.6	15.5	2.9
	<i>Medium</i>	30.1	2.6	32.0	5.1
	<i>High</i>	63.5	5.5	54.1	8.5

Sumber: Steele *et al.*, 2014

Dilihat dari tabel diatas, karakteristik influent pada IPAL Wilayah X termasuk dalam kategori *Low Medium Strength* dengan nilai influent pada BOD sebesar 128 mg/L, COD sebesar 250 mg/L, TN sebesar 38.41 mg/L dan TP sebesar 3.96 mg/L. Apabila dilihat dari nilai effluent pada teknologi CAS diperoleh kadar BOD, COD, TN dan TP adalah sebesar 10.57, 10.57, 23.85 dan 3.88 mg/L secara berurutan sedangkan teknologi UCT adalah sebesar 5.03, 5.03, 5.62 dan 1.64 secara berturut-turut dalam satuan mg/L.

Baku mutu pada parameter TN dan TP belum ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Oleh karena itu, pada penelitian ini baku mutu parameter TN dan TP mengacu dari beberapa negara. Tabel 4.20 merupakan baku mutu parameter TN dan TP dari beberapa negara:

Tabel 4. 20 Baku Mutu Parameter TN dan TP dari Beberapa Negara

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

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

#### 4.2.3 Beban Pengolahan

Dalam merencanakan IPAL X, dibutuhkan beban pengolahan untuk menghitung bak pengolahan biologis yang digunakan yaitu *Biological Nutrient Removal* (BNR) dengan metode *University of Cape Town* (UCT). Tabel 4.21 merupakan beban pengolahan yang digunakan pada penelitian ini:

Tabel 4. 21 Beban Pengolahan IPAL X

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Beban Pengolahan	
		mg/hari	kg/hari
<b>BOD</b>	128	260769.52	260.77
<b>COD</b>	250	509315.47	509.32
<b>TSS</b>	141	287253.93	287.25
<b>Amoniak- NH3</b>	19.5	39726.61	39.73
<b>Nitrit</b>	0.31	631.55	0.63
<b>Nitrat</b>	7	14260.83	14.26
<b>Organik Nitrogen</b>	8	16298.10	16.30
<b>TKN</b>	27.5	56024.70	56.02
<b>Total Nitrogen</b>	34.81	70917.09	70.92
<b>Fosfat</b>	6.2	12631.02	12.63
<b>Total Fosfor</b>	12	24447.14	24.45

### 4.3 Pemodelan IPAL X Menggunakan *Software* STOAT

#### 4.3.1 Skenario Simulasi Model IPAL X

*Software* STOAT (*Sewage Treatment Operation and Analysis over Time*) versi 5.0 merupakan salah satu pemodelan yang sangat multifungsi, dimana pada pemodelan ini mampu menunjukkan kinerja pengolahan air limbah secara keseluruhan. *Software* STOAT (*Sewage Treatment Operation and Analysis over Time*) memiliki fungsi yaitu untuk mensimulasikan kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara dinamis (Hassan dan Ragheb, 2019). *Software* STOAT dapat mengoptimalkan kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terhadap perubahan beban influen, kapasitas kerja dan kondisi operasi proses. *Software* STOAT dapat berfungsi untuk meningkatkan influen, mengurangi modal dan biaya operasional, merancang instalasi pengolahan secara lebih efisien, mengoptimalkan operasi instalasi pengolahan dan dapat memecahkan masalah operasional.

Lumpur aktif atau *Activated Sludge* merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah domestik yang paling banyak digunakan sebagai unit tahap *Secondary Treatment*. Teknologi lumpur aktif mampu diterapkan untuk penanganan dan pengolahan air limbah skala kecil seperti industry rumah dan skala kecil seperti industry besar, mampu menghilangkan kadar organik, mampu memisahkan padatan/cairan, mampu menghilangkan kadar fosfor dan mampu mengurangi padatan tersuspensi hingga 97% (Muttaqien, 2020).

Dalam penelitian ini terdapat 2 skenario yang akan dibandingkan untuk mengetahui pengolahan dengan performa terbaik. Skenario 1 menggunakan pengolahan air limbah yang dibuat sesuai dengan kondisi eksisting IPAL Wilayah X yang terdiri dari *Bar screen*, *Equalization tank*, *Activated sludge*, *Secondary clarifier* dan *Chlorine tank*. Pada skenario 2

proses pengolahan air limbah pada unit *Activated Sludge* akan dilakukan perubahan yakni dengan proses *UCT*. Pada proses *UCT* terdapat 3 tangki yang berbeda yaitu tangkai anaerobik, tangki anoksik dan tangki aerobik. Model yang akan digunakan pada unit *Activated sludge* yaitu ASAL5A dimana ASAL5A merupakan kode proses modifikasi *Activated sludge* yang digunakan untuk penyisihan nitrogen dan fosfor.

Untuk memperoleh unit yang terbaik, dilakukan perbandingan dengan cara simulasi dengan dua skenario menggunakan *Software STOAT* versi 5.0. Skenario yang akan dilakukan meliputi debit hingga parameter air limbah seperti BOD, COD, Ammoniak dan pH. Sedangkan untuk dapat menentukan unit yang terbaik, dilakukan dengan dua cara. Pertama dapat dilakukan dengan mengamati beban-beban konsentrasi yang keluar, semakin rendah beban konsentrasi yang keluar maka akan semakin baik hasil yang didapatkan. Beban konsentrasi terdapat nilai maksimum yang dapat dilihat melalui baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik seperti pada Tabel 2.1. Cara kedua dapat dilakukan dengan melakukan Analisa SWOT terhadap hasil simulasi penyisihan nitrogen dan fosfor guna untuk menjadi pertimbangan dalam menentukan skenario terbaik terhadap penyisihan nitrogen dan fosfor.

#### **4.3.2 Tahapan Simulasi Penyisihan Nutrien (Nitrogen dan Fosfor)**

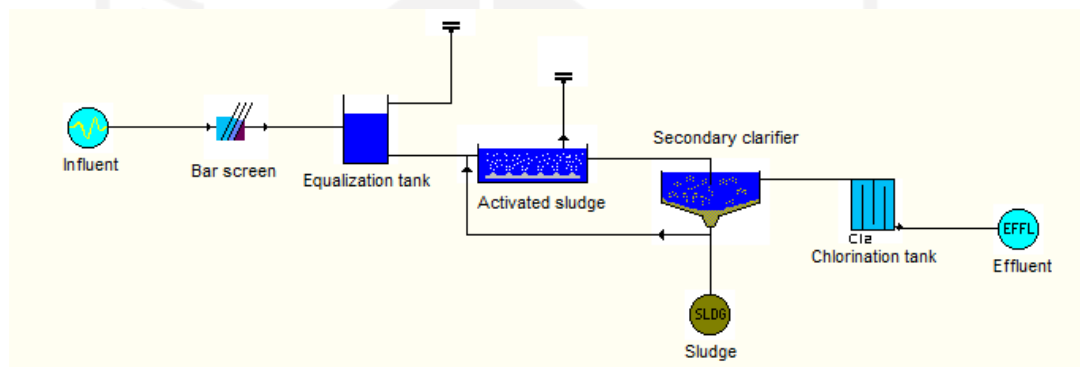
*Software STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis over Time)* versi 5.0 merupakan salah satu pemodelan yang sangat multifungsi, dimana pada pemodelan ini mampu menunjukkan kinerja pengolahan air limbah secara keseluruhan. *Software STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis over Time)* memiliki fungsi yaitu untuk mensimulasikan kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara dinamis (Hassan dan Ragheb, 2019). *Software STOAT* dapat mengoptimalkan kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terhadap perubahan beban influen, kapasitas kerja dan kondisi operasi proses. *Software STOAT* dapat berfungsi untuk meningkatkan influen, mengurangi modal dan biaya operasional, merancang instalasi pengolahan secara lebih efisien, mengoptimalkan operasi instalasi pengolahan dan dapat memecahkan masalah operasional. Pada penelitian ini, *Software STOAT* digunakan untuk mensimulasikan penyisihan nutrient (nitrogen dan fosfor) pada IPAL X dengan menggunakan dua skenario antara lain mensimulasikan IPAL X dalam kondisi eksisting dan mensimulasikan IPAL X menggunakan *Activated Sludge* dengan metode *University of Cape Town (UCT)*.

Dalam pengerjaan dua skenario tidak jauh berbeda, hal yang menjadi perbedaan antara pengerjaan skenario satu dan skenario dua terletak pada seknario pertama model *Conventional*

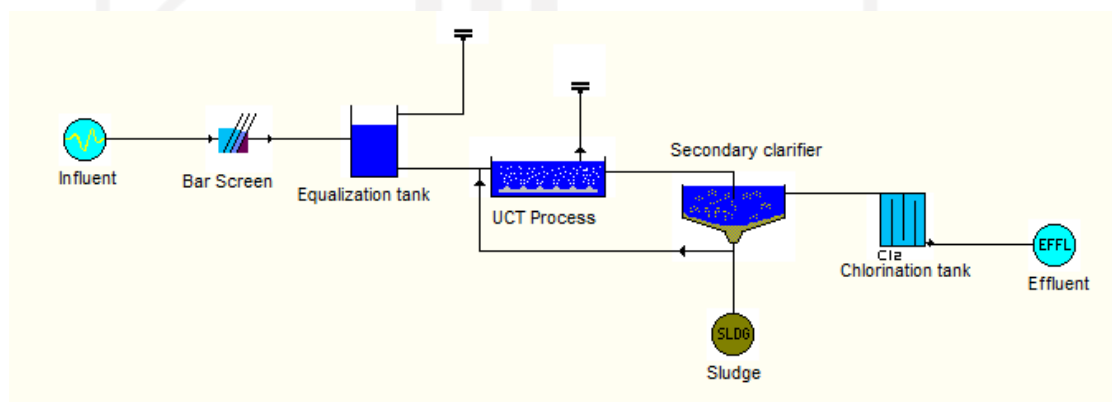


*Activated Sludge* menggunakan model ASAL1A, dimana model tersebut dapat mewakili unit *Conventional Activated Sludge* yang menjadi kondisi eksisting pada IPAL X. Pada skenario kedua, model yang digunakan yaitu ASAL5A, dimana model tersebut merupakan kode untuk *Activated Sludge* dengan metode *Biological Nutrient Removal* (BNR) yang mampu menyisihkan kandungan nutrient lebih baik apabila dibandingkan dengan *Conventional Activated Sludge*. Pada skenario kedua, *Biological Nutrient Removal* (BNR) menggunakan metode *University of Cape Town* (UCT).

Dalam pengerjaan model menggunakan software STOAT diawali dengan pengumpulan unit teknologi yang akan digunakan antara lain Bar Screen, Equalization tank, Activated Sludge, Secondary Clarifier dan Khlor. Unit teknologi yang digunakan harus terhubung antara unit satu dengan unit lainnya. Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 menunjukkan layout IPAL X menggunakan *Conventional Activated Sludge* dan *Activated Sludge* metode *University of Cape Town* (UCT):



Gambar 4. 8 Layout IPAL X menggunakan *Conventional Activated Sludge*



Gambar 4. 9 Layout IPAL X menggunakan Metode *University of Cape Town* (UCT)

Dalam menjalankan simulasi menggunakan *software* STOAT, klik *New Run* pada menu toolbars, lembar kerja akan muncul dan siap untuk digunakan. Selanjutnya, klik *Name and Dimension* pada setiap unit untuk dapat memasukkan data yang dibutuhkan dari setiap unit seperti dimensi unit, volume dan jenis model sesuai dengan teknologi yang digunakan. Untuk menjalankan simulasi, klik menu *file* dan klik *new run*, lembar kerja untuk *Running* 1 siap

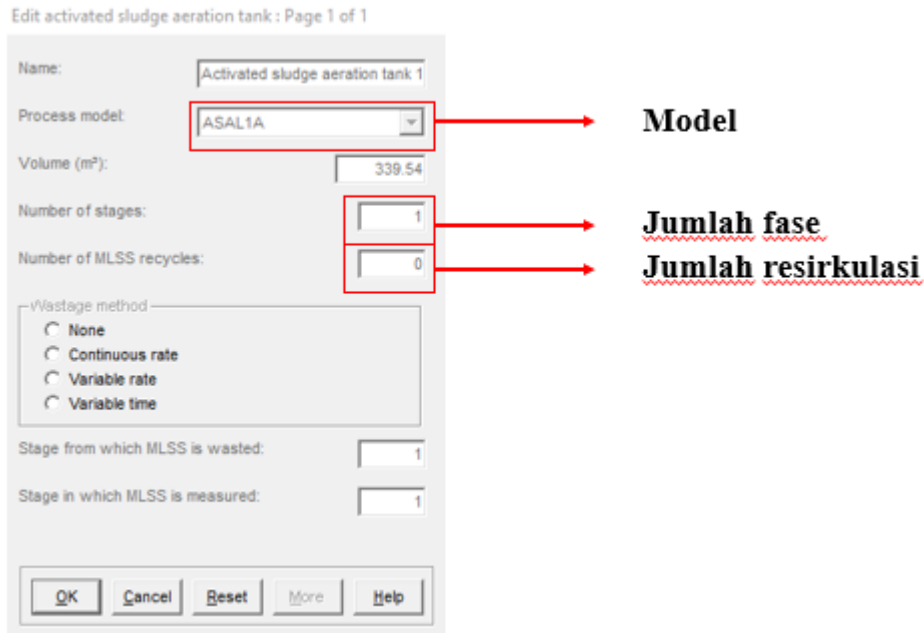


untuk dijalankan. Klik ikon *influent*, kemudian klik *Generate Profile* dan pilih *Advance* untuk dapat memasukkan data influent seperti *Soluble BOD*, *Particulate BOD*, *Volatile Solids*, *Non-Volatile Solids*, *Ammoniak*, *Soluble COD*, *Particulate COD*, *Soluble Organic Nitrogen*, *Particulate Organic Nitrogen* dan Fosfat. Dengan demikian, simulasi sudah selesai dijalankan, sehingga dapat dilihat hasil serta kemampuannya dalam menyisihkan kadar nitrogen dan fosfor. Gamabr 4.10 merupakan *influent pattern* IPAL X pada *software* STOAT versi 5.0

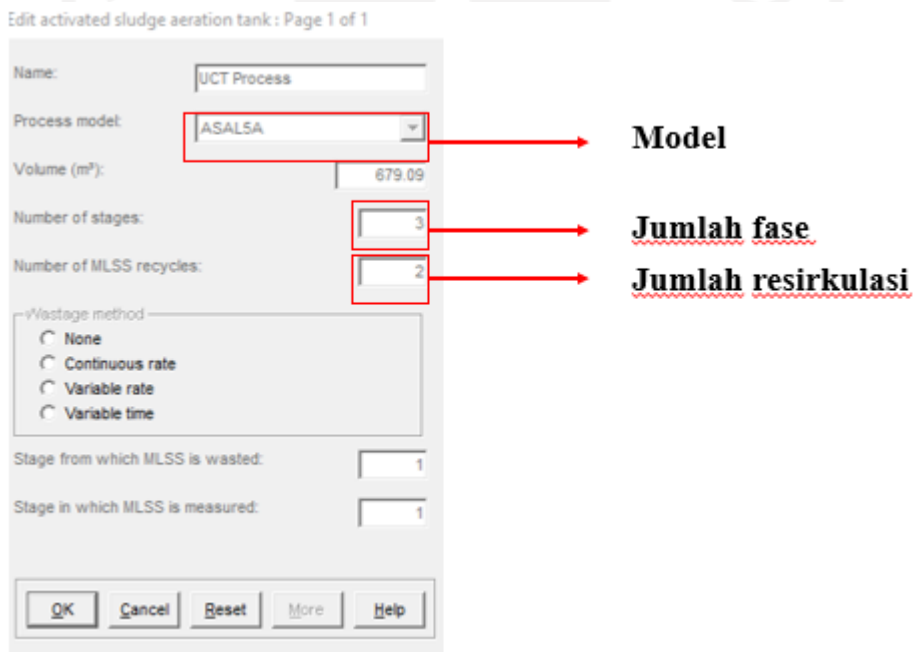
	Elapsed time (h)	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)
1	0.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
2	1.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
3	2.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
4	3.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
5	4.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
6	5.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
7	6.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
8	7.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
9	8.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
10	9.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
11	10.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
12	11.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
13	12.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
14	13.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
15	14.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
16	15.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
17	16.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
18	17.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
19	18.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
20	19.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
21	20.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
22	21.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
23	22.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
24	23.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
25	24.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000
26	25.000000	84.890000	20.000000	7.000000	7.310000	57.500000	17.500000	70.500000	37.500000	98.700000	42.300000

Gambar 4. 10 *Influent Pattern* IPAL X menggunakan *Software* STOAT versi 5.0

Pada penelitian ini terdapat dua skenario yang digunakan, sehingga terdapat perbedaan pengerjaan dalam kedua skenario tersebut. Perbedaan antara skenario pertama dan skenario kedua terdapat pada model yang digunakan dan *Number of MLSS recycle of stages*. Pada *Number of MLSS recycle of stages* menandakan terdapat resirkulasi air limbah yang akan dikembalikan pada unit *Activated Sludge* atau tidak. Pada *Conventional Activated Sludge* hanya terdapat 1 fase saja, yakni fase aerobik. Pada unit *Activated Sludge* metode *University of Cape Town* (UCT) terdapat 3 fase, yakni anaerobic, anoksik dan aerobik. Unit *Activated Sludge* metode *University of Cape Town* (UCT) memiliki dua resirkulasi air limbah yaitu dari fase aerobik dikembalikan ke fase anoksik dan dari fase anoksik dikembalikan ke fase anaerobic (Loosdrecht et all., 1997). Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 menunjukkan perbedaan pengerjaan antara kedua skenario:



Gambar 4. 11 Model Skenario 1 menggunakan *Software* STOAT



Gambar 4. 12 Model Skenario 2 menggunakan *Software* STOAT

Selain perbedaan pada model antara kedua skenario, terdapat perbedaan pada MLSS recycle model ASAL5A. Pada MLSS recycle data diperlukan Debit MLSS recycle serta keterangan perpindahan antar fase. Pada model ASAL5A nilai MLSS recycle flowrate didapatkan dari hasil perhitungan manual. Gambar 4.13 merupakan MLSS recycle data pada model ASAL5A menggunakan *software* STOAT:

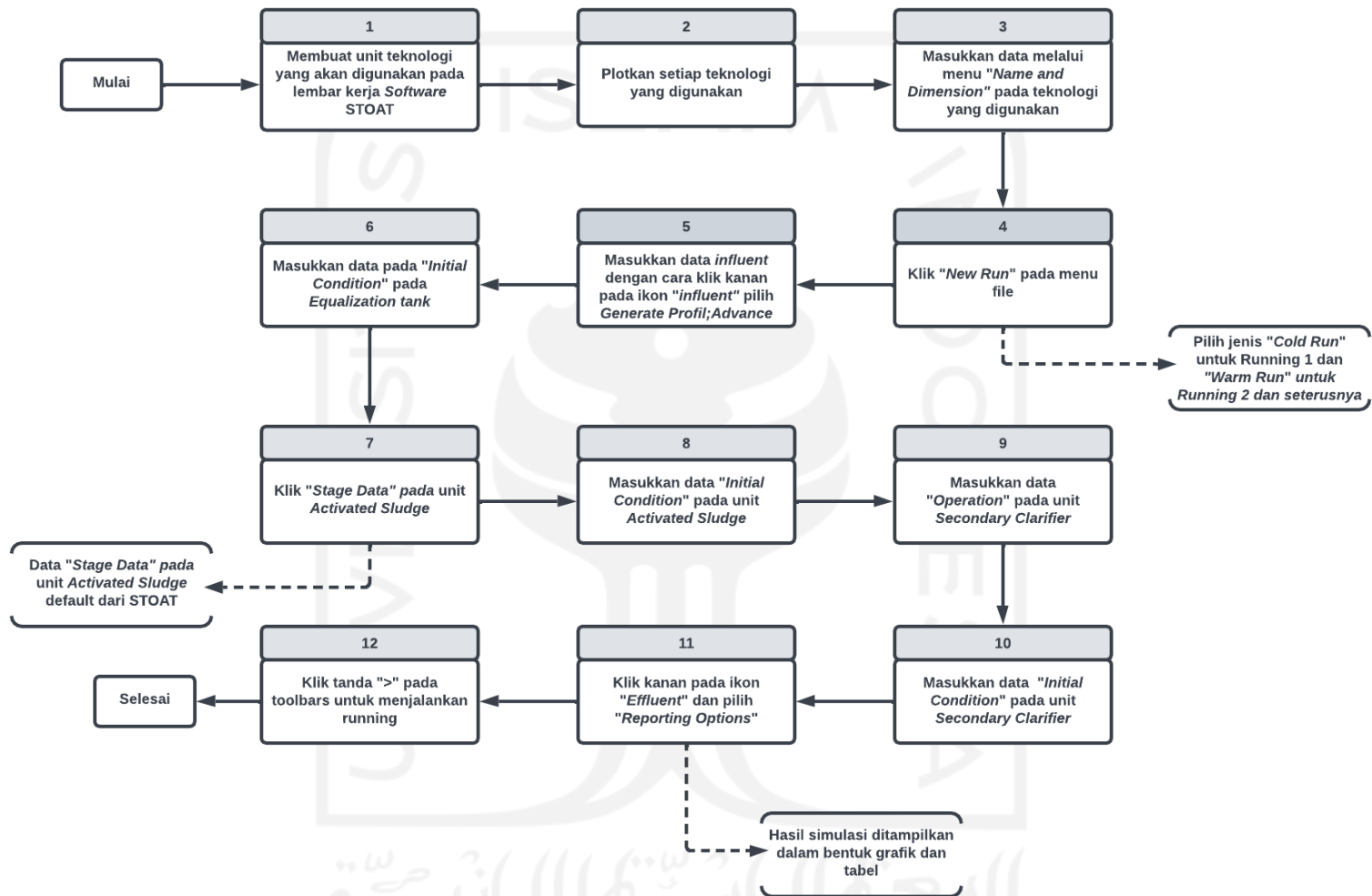
#### MLSS recycle data

		Recycle 1	Recycle 2
1	Stage from where MLSS recycle leaves:	3	2
2	Stage to which MLSS recycle goes:	2	1
3	MLSS recycle flowrate (m <sup>3</sup> /h):	254.658	339.544

Gambar 4. 13 MLSS *recycle* data pada model ASAL5A menggunakan *Software* STOAT

Selanjutnya memasukkan data input tiap teknologi. Unit *Equalization tank* memerlukan input data pada “Initial Condition”, sedangkan unit Activated Sludge memerlukan input data pada “Initial Condition” dan “Operation”. Data yang diinput diperoleh dari hasil perhitungan manual sebelumnya. Gambar 4.14 merupakan diagram alir dari tahapan pengerjaan model menggunakan *Software* STOAT versi 5.0:





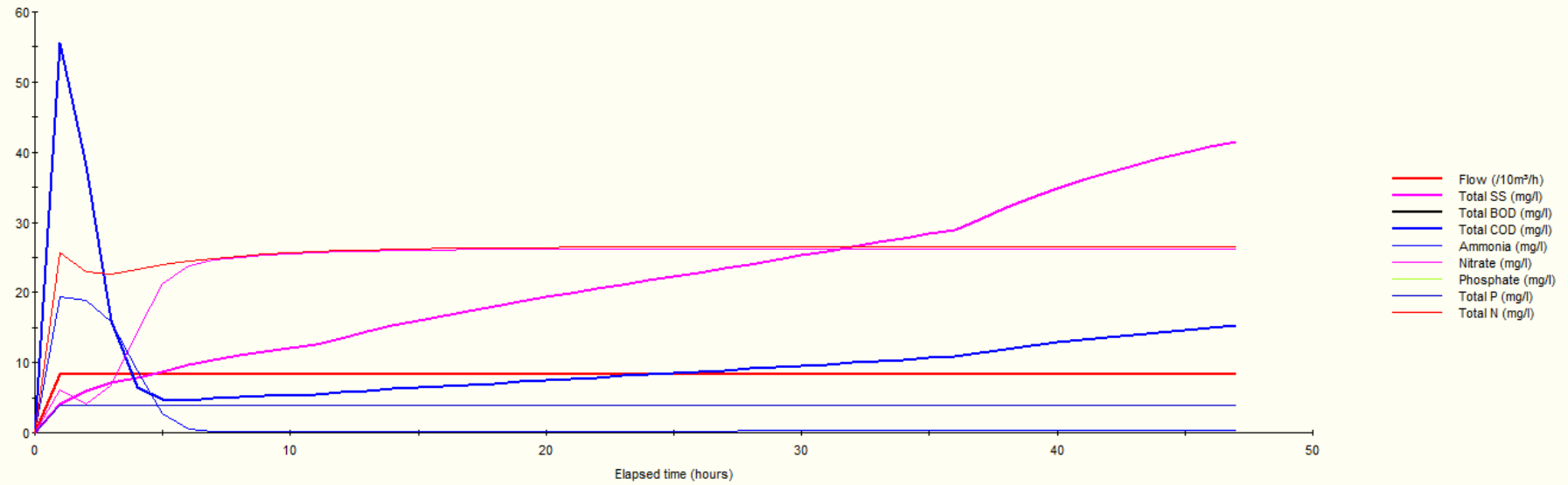
Gambar 4. 14 Tahapan pengerjaan model menggunakan *Software* STOAT versi 5.0

### 4.3.3 Hasil Performa Penyisihan Nutrien

Pada penelitian ini, sudah melakukan perhitungan secara manual pada unit teknologi yang akan digunakan untuk perencanaan IPAL X. hasil perhitungan secara manual tersebut akan digunakan untuk mensimulasikan kinerja pada IPAL X dengan menggunakan *Software* STOAT versi 5.0. Pada skenario 1 dan skenario 2, data-data input seperti debit air limbah, data kualitas air limbah dan data penunjang lainnya yang digunakan sama. Berikut ini merupakan hasil simulasi skenario 1 dan skenario 2:

#### 4.3.3.1 Hasil simulasi skenario 1

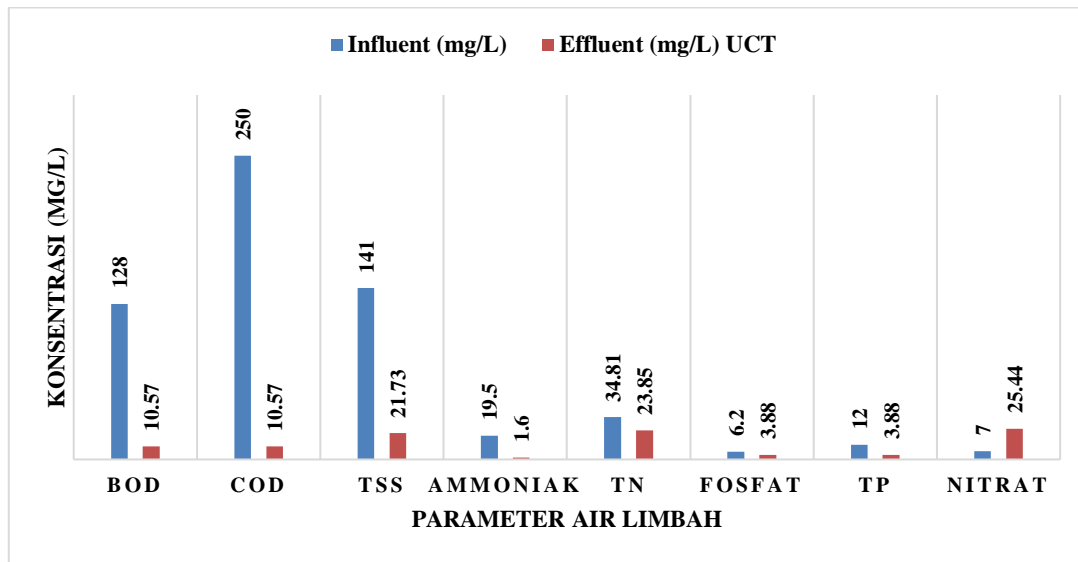
Pada skenario 1, IPAL X akan direncanakan menggunakan *Conventional Activated Sludge*. Perbedaan antara skenario 1 dan skenario 2 terdapat pada pengolahan biologis yang akan digunakan. Pada penelitian ini, parameter nitrogen dan fosfor menjadi parameter khusus, dimana pada pengolahan biologis menggunakan *Conventional Activated Sludge* mampu menurunkan kadar nitrogen dan fosfor. Namun, parameter air limbah lainnya seperti BOD, COD, TSS dan Ammoniak tetap harus diperhatikan dengan nilai yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Gambar 4.15 merupakan hasil simulasi pada skenario 1 menggunakan *Software* STOAT versi 5.0:



	Flow (m³/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)
Mean	81.64	21.73	10.57	10.57	1.60	23.85	3.88	3.88	25.44
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.38	41.48	55.53	55.53	19.43	26.23	3.96	3.96	26.50
Standard deviation	12.04	10.70	8.57	8.57	4.49	6.29	0.57	0.57	3.88
Total mass (kg)		86.985	42.301	42.301	6.389	95.437	15.519	15.519	101.826
Peak load (g/s)		0.961	1.286	1.286	0.450	0.608	0.092	0.092	0.614

Gambar 4. 15 Hasil Simulasi pada Skenario 1 menggunakan Software STOAT

Gambar 4.16 merupakan grafik hasil simulasi pada teknologi lumpur aktif konvensional menggunakan *Software* STOAT 5.0:



Gambar 4. 16 Grafik Hasil Simulasi Teknologi Lumpur Aktif Konvensional

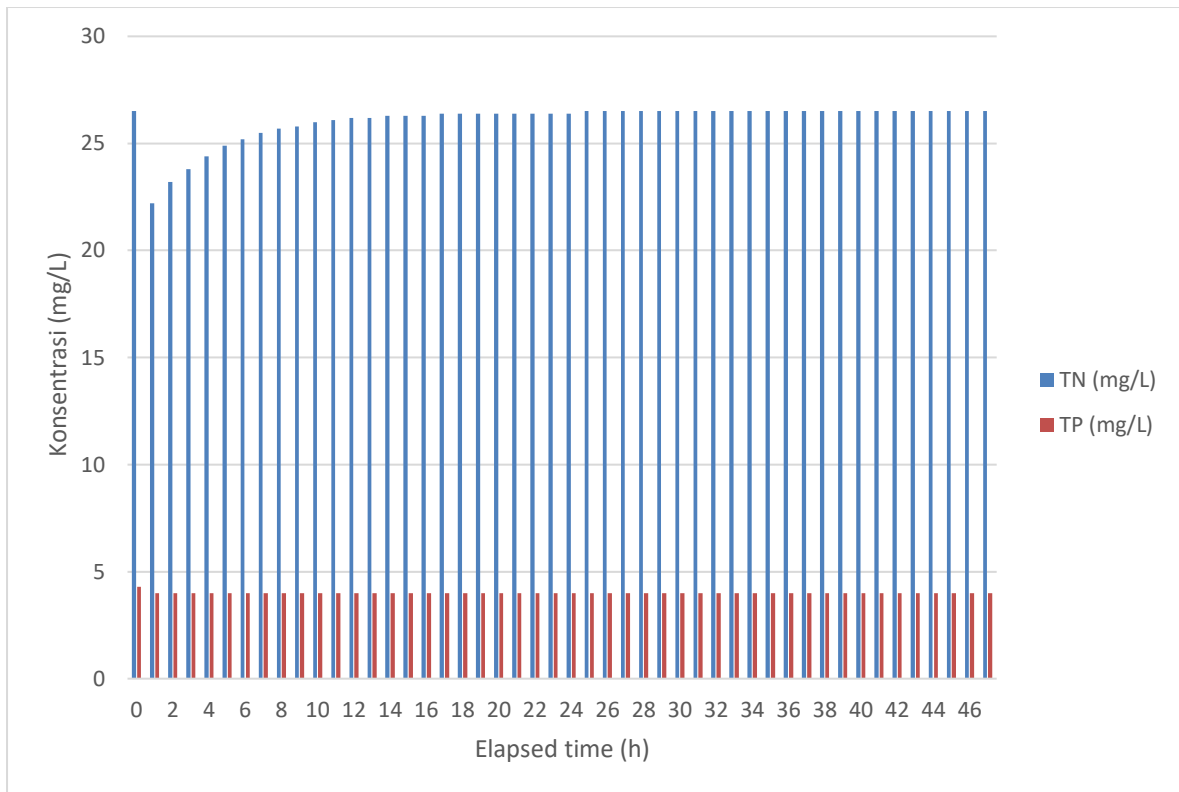
Dapat dilihat dari grafik diatas, didapatkan hasil simulasi penyisihan nutrien pada IPAL X menggunakan skenario 1. Kandungan COD mengalami penurunan dari 250 mg/L menjadi 10.57 mg/L dan telah memenuhi baku mutu, Kadar ammoniak mengalami penurunan dari 19.5 mg/L menjadi 1.6 mg/L dan sudah memenuhi baku mutu. Sedangkan untuk parameter TSS dan BOD sudah mengalami penurunan yakni dengan kadar 22.26 mg/L dan 10.57 mg/L. Selain itu, Kadar Fosfat, Total P dan Total N sudah mengalami penurunan. Kadar Fosfat mengalami penurunan dari 13 mg/L menjadi 3.88 mg/L, Total P mengalami penurunan dari 12 mg/L menjadi 3.88 mg/L dan Total N juga mengalami penurunan dari 34.81 mg/L menjadi 23.85 mg/L. Dari hasil simulasi menggunakan skenario 1 akan dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan skenario 2, dimana pada skenario 1 menggunakan *Conventional Activated Sludge* sedangkan skenario 2 menggunakan *University of Cape Town (UCT)*. Tabel 4.22 merupakan hasil simulasi menggunakan skenario 1:



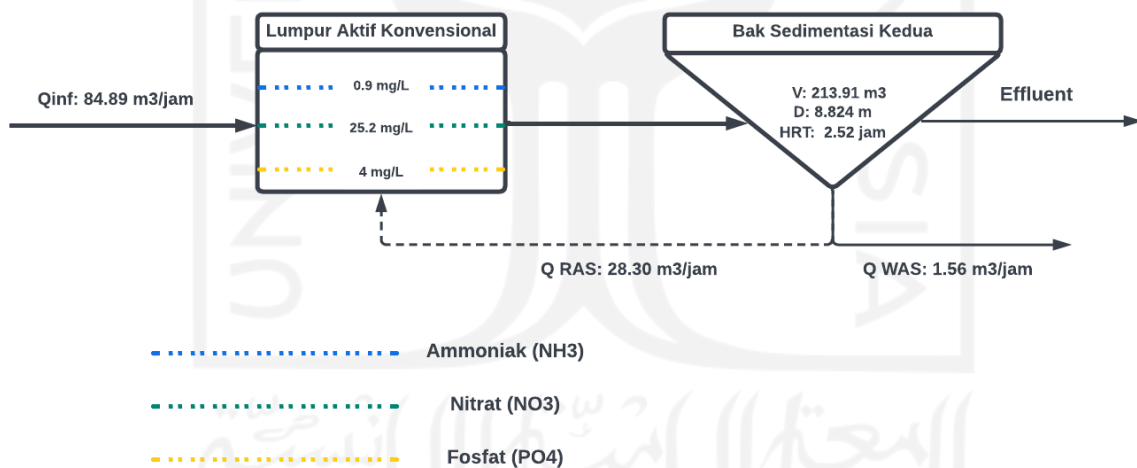
Tabel 4. 22 Hasil Simulasi pada Skenario 1 menggunakan *Software* STOAT

Parameter	Influent	Model CAS	Baku Mutu	Status
	mg/L	mg/L	mg/L	
<b>TSS</b>	141	21.73	30	Memenuhi
<b>BOD</b>	128	10.57	30	Memenuhi
<b>COD</b>	250	10.57	100	Memenuhi
<b>Ammoniak</b>	19.7	1.6	100	Memenuhi
<b>Fosfat</b>	13	3.88	-	-
<b>Total P</b>	12	3.88	-	-
<b>Total N</b>	34.81	23.85	-	-

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *Software* STOAT 5.0, diperoleh nilai konsentrasi parameter  $\text{NH}_3$  (Ammoniak),  $\text{NO}_3$  (Nitrat) dan  $\text{PO}_4$  (Fosfat) yang terjadi pada teknologi CAS selama 48 Jam. Pada parameter  $\text{NH}_3$  (Ammoniak), kondisi *steady state* diperoleh setelah melewati 4 jam pengolahan, kemudian setelah melewati 25 jam pertama terjadi kondisi *steady state* dengan penambahan konsentrasi sebesar 0.1 mg/L, konsentrasi selanjutnya akan mengalami perubahan setiap 2 jam sekali dengan penambahan konsentrasi sebesar 0.1 mg/L. Pada parameter  $\text{NO}_3$  (Nitrat), kondisi *steady state* diperoleh setelah melewati 13 jam pengolahan, kemudian setelah melewati konsentrasi selanjutnya akan mengalami perubahan setiap 2-3 jam sekali dengan penambahan konsentrasi sebesar 0.01 mg/L. Pada parameter  $\text{PO}_4$  (Fosfat) sudah mencapai kondisi *steady state* pada pengolahan 1 jam hingga 47 jam terakhir. Parameter TP dan TN mengalami kondisi *steady state* dari 1 jam pengolahan hingga 47 jam proses pengolahan yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 Sedangkan Gambar 4.18 merupakan profil konsentrasi TN yang diwakilkan oleh parameter amoniak dan nitrat dan konsentrasi TP yang diwakilkan oleh parameter fosfat:



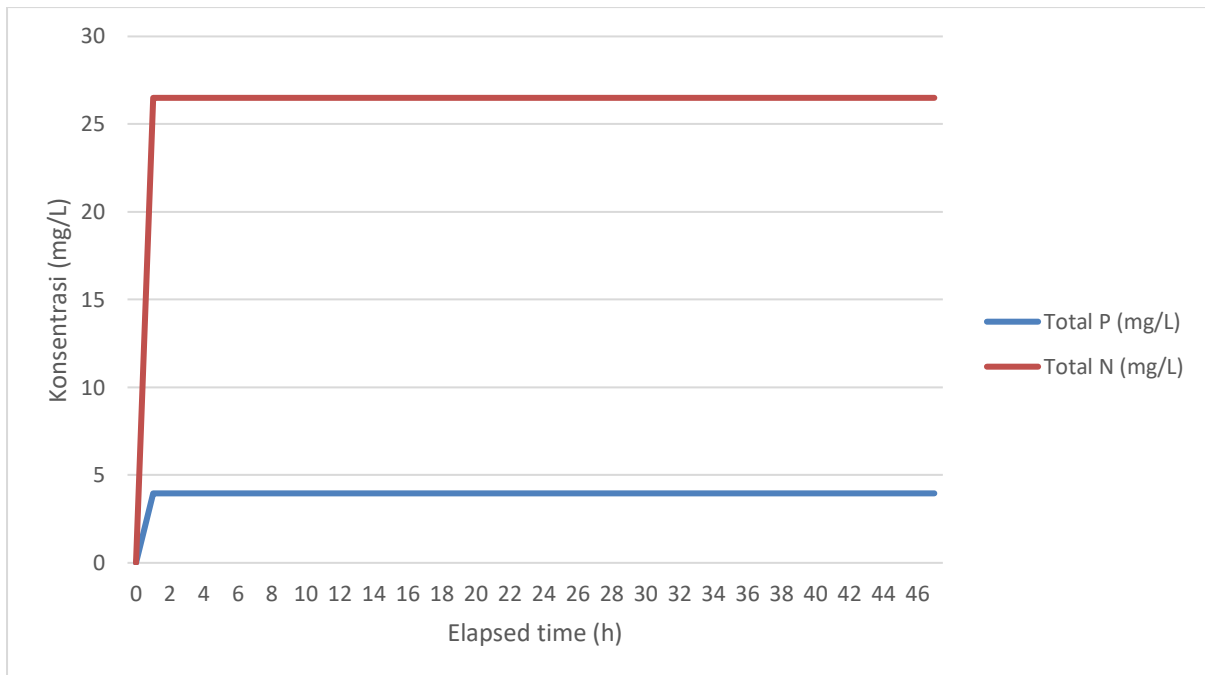
Gambar 4. 17 Konsentrasi TN dan TP pada Teknologi CAS Selama 48 Jam Pengolahan



Gambar 4. 18 Profil Konsentrasi TN dan TP Teknologi CAS

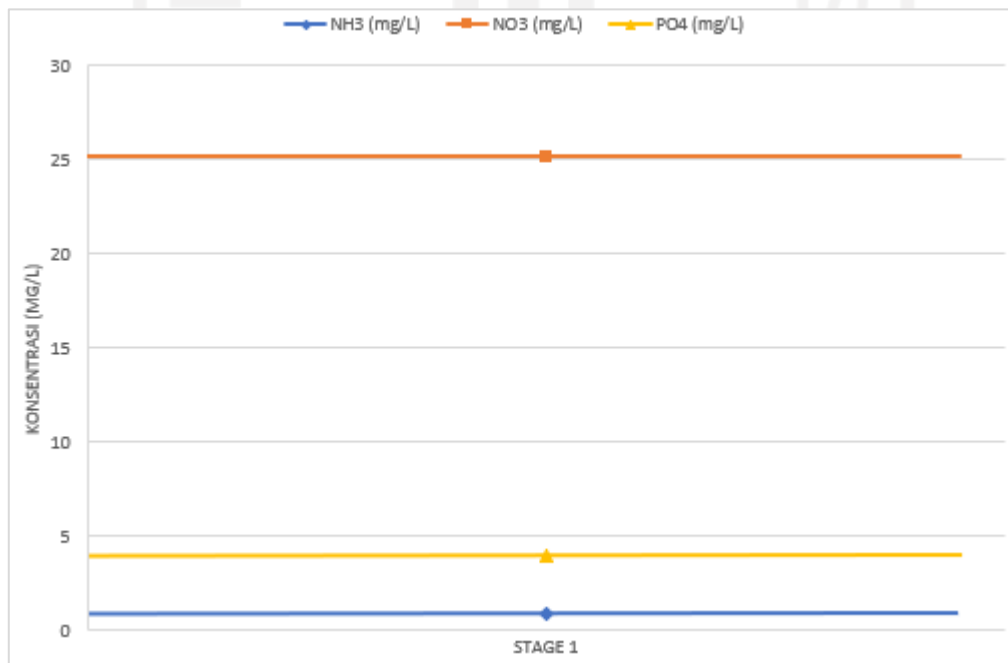
Pada Gambar 4.19 menunjukkan hasil konsentrasi parameter TP dan TN yang diperoleh dari *effluent* teknologi CAS. Pada parameter TSS kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 11 jam proses pengolahan, pada parameter BOD dan COD kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 5 jam proses pengolahan, pada parameter nitrat kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 7 jam proses pengolahan, pada parameter nitrat kondisi *steady state* dicapai setelah

melewati 6 jam proses pengolahan, pada parameter fosfat, TP dan TN kondisi *steady state* dicapai dari 1 jam proses pengolahan hingga 47 jam proses pengolahan terakhir.



Gambar 4. 19 Konsentrasi TN dan TP pada *effluent* Teknologi CAS Selama 48 Jam Pengolahan

Gambar 4.20 dibawah ini merupakan profil konsentrasi TN yang dilihat dari parameter amoniak dan fosfat, sedangkan TP yang dilihat dari parameter fosfat:

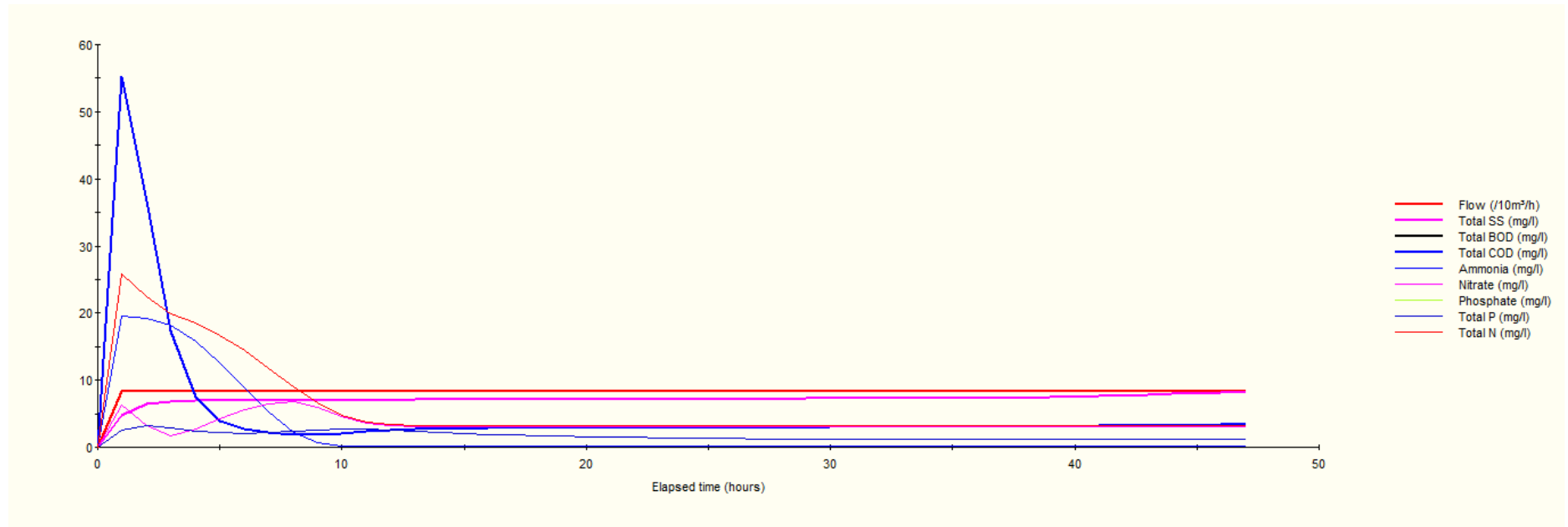


Gambar 4. 20 Profil Konsentrasi TN dan TP pada Teknologi CAS

#### 4.3.3.2 Hasil simulasi skenario 2

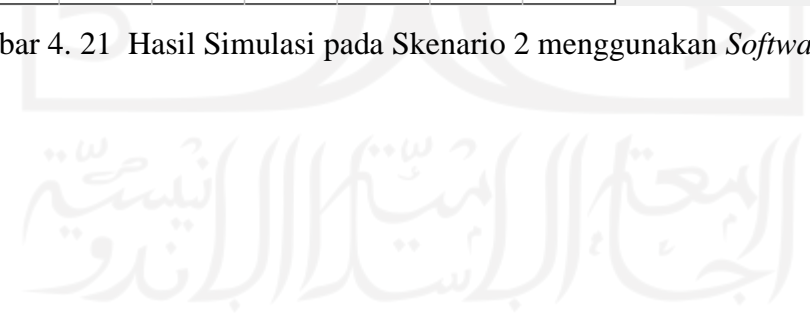
Pada skenario 2, teknologi yang digunakan pada IPAL X adalah BNR-*University of Cape Town* (UCT). Pada skenario 2 diharapkan kadar effluent yang diperoleh pada IPAL X akan lebih baik dibandingkan kadar effluent yang diperoleh pada IPAL X pada skenario 1. Pada skenario 2 parameter yang diperhatikan sama dengan skenario 1 yakni TSS, BOD, COD, Ammoniak, Fosfat, Total P dan Total N pada effluent. Gambar 4.21 merupakan hasil simulasi pada skenario 2 menggunakan *software* STOAT:



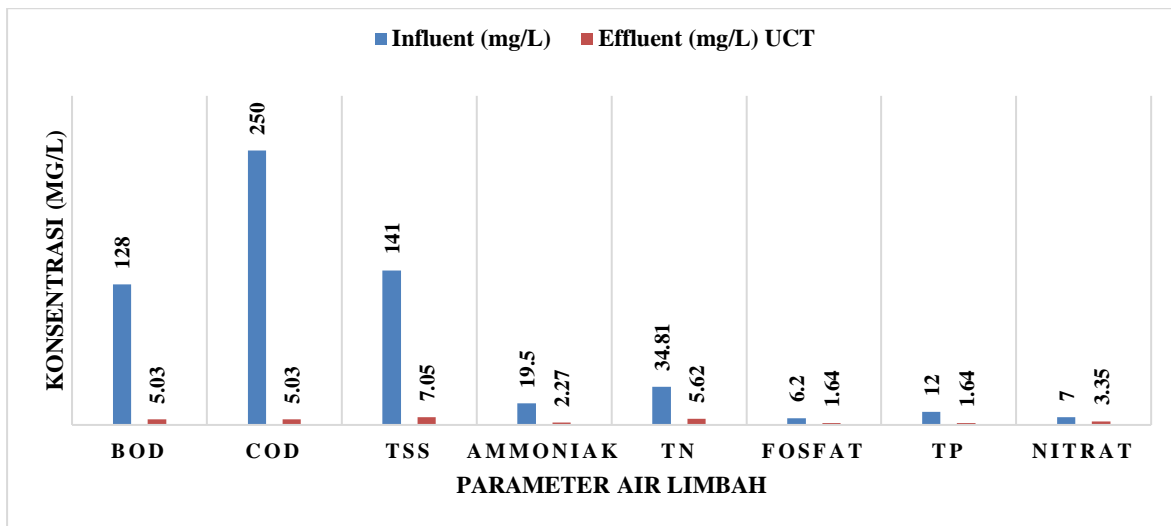


	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Phosphate (mg/l)	Total P (mg/l)	Total N (mg/l)
Mean	81.57	7.05	5.03	5.03	2.27	3.35	1.64	1.64	5.62
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.31	8.20	55.16	55.16	19.47	6.85	3.29	3.29	25.82
Standard deviation	12.02	1.15	9.12	9.12	5.35	1.15	0.65	0.65	5.74
Total mass (kg)		28.207	20.111	20.111	9.096	13.384	6.552	6.552	22.480
Peak load (g/s)		0.190	1.277	1.277	0.450	0.158	0.076	0.076	0.597

Gambar 4. 21 Hasil Simulasi pada Skenario 2 menggunakan *Software* STOAT



Gambar 4.22 merupakan grafik hasil simulasi pada teknologi UCT menggunakan *Software* STOAT 5.0:



Gambar 4. 22 Grafik Hasil Simulasi Teknologi UCT

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semua kadar parameter sudah mengalami penurunan dan berada dibawah baku mutu berdasarkan PerMen LHK No 68 Tahun 2016. Kadar effluent TSS didapatkan sebesar 7.05 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 95%, Kadar effluent BOD didapatkan sebesar 5.03 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 96%, Kadar effluent COD didapatkan sebesar 5.03 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 98%, Kadar effluent Ammoniak didapatkan sebesar 2.27 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 88%, Kadar effluent fosfat didapatkan sebesar 1.64 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 87%, Kadar effluent Total P didapatkan sebesar 1.64 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 89% dan Kadar effluent Total N didapatkan sebesar 5.62 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 84%. Nilai konsentrasi parameter TN dan TP yang diperoleh dari hasil simulasi menggunakan teknologi UCT sudah memenuhi baku mutu yang diacu dari beberapa negara seperti pada Tabel 4.20. Untuk lebih jelasnya, hasil simulasi menggunakan skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 4.23:

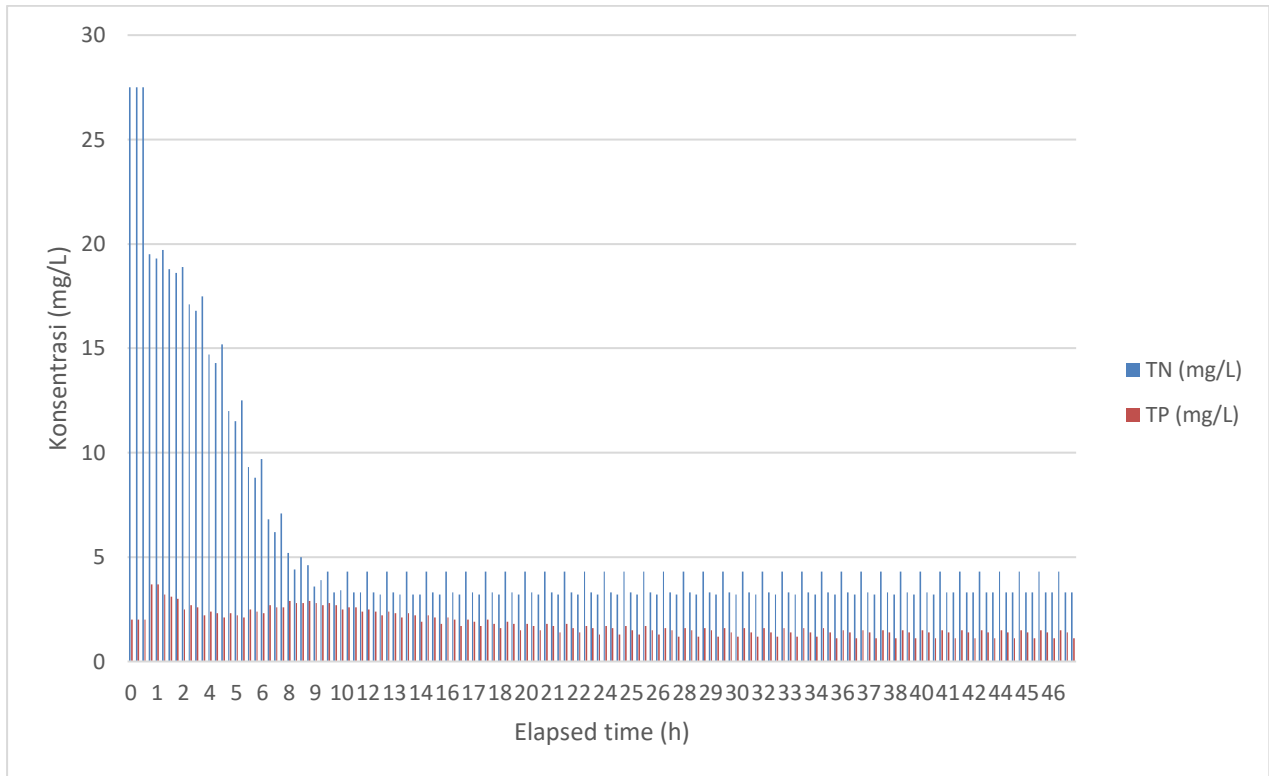
Tabel 4. 23 Hasil Simulasi pada Skenario 2 menggunakan *Software* STOAT

Parameter	Influent mg/L	Model UCT mg/L	Baku Mutu mg/L	Status
TSS	141	7.05	30	Memenuhi
BOD	128	5.03	30	Memenuhi
COD	250	5.03	100	Memenuhi

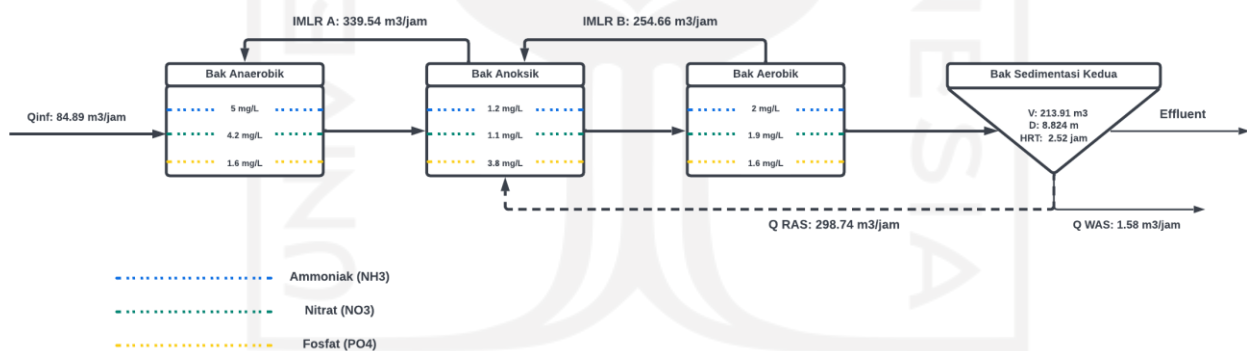
Parameter	Influent mg/L	Model UCT mg/L	Baku Mutu mg/L	Status
Ammoniak	19.7	2.27	100	Memenuhi
Fosfat	13	1.64	-	-
Total P	12	1.64	-	-
Total N	34.81	5.62	-	-

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *Software* STOAT 5.0, diperoleh nilai konsentrasi parameter  $\text{NH}_3$  (Ammoniak),  $\text{NO}_3$  (Nitrat) dan  $\text{PO}_4$  (Fosfat) yang terjadi pada teknologi UCT selama 48 Jam. Pada parameter  $\text{NH}_3$  (Ammoniak), kondisi *steady state* terjadi setelah 10 jam pengolahan pertama. Pada parameter  $\text{NO}_3$  (Nitrat), kondisi *steady state* terjadi setelah 10 jam pengolahan pertama. Pada parameter  $\text{PO}_4$  (Fosfat), pada 3 jam pertama terjadi penurunan konsentrasi yang cukup signifikan, pada 4 jam selanjutnya terjadi penurunan konsentrasi yang berkisar antara 0.1-0.3 mg/L. Parameter TN mengalami kondisi *steady state* pada 10 jam proses pengolahan sedangkan parameter TP mengalami kondisi *steady state* pada 4 jam proses pengolahan yang dapat dilihat pada Gambar 4.23 Sedangkan Gambar 4.24 merupakan profil konsentrasi TN yang diwakilkan oleh parameter amoniak dan nitrat dan konsentrasi TP yang diwakilkan oleh parameter fosfat:



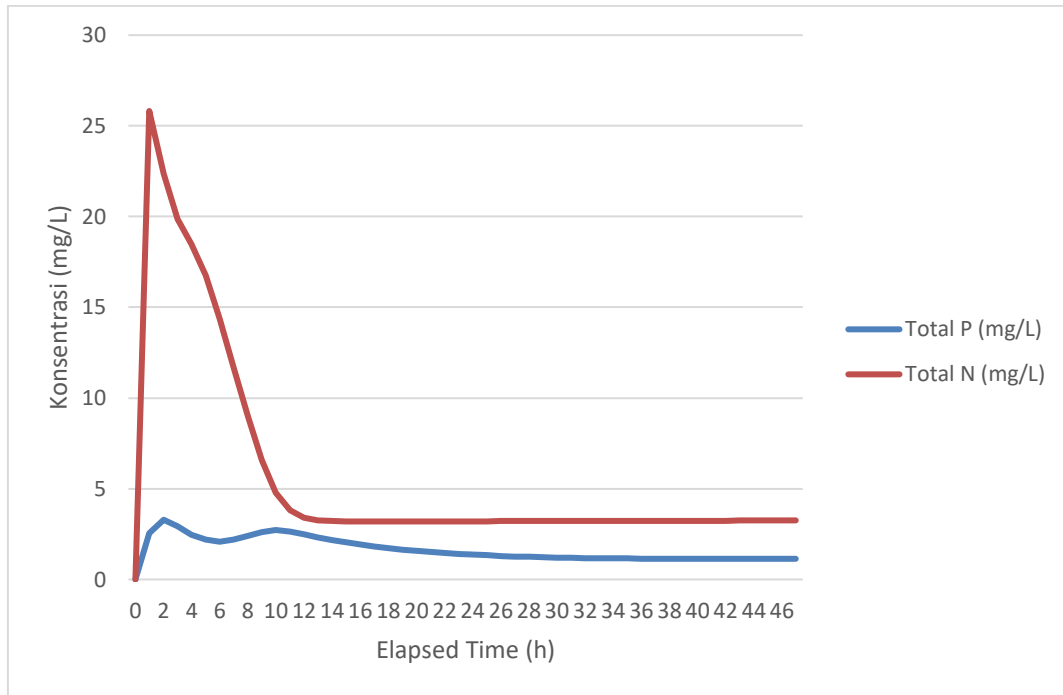


Gambar 4. 23 Konsentrasi TN dan TP pada Teknologi UCT Selama 48 Jam Pengolahan



Gambar 4. 24 Profil Konsentrasi TN dan TP Teknologi UCT

Pada Gambar 4.25 menunjukkan hasil konsentrasi parameter TP dan TN yang diperoleh dari *effluent* teknologi UCT. Pada parameter TSS kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 3 jam proses pengolahan, pada parameter BOD dan COD kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 11 jam proses pengolahan, pada parameter amoniak kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 11 jam proses pengolahan, pada parameter nitrat kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 15 jam proses pengolahan, pada parameter fosfat dan TP kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 10 jam proses pengolahan sedangkan parameter TN kondisi *steady state* dicapai setelah melewati 13 jam proses pengolahan.



Gambar 4. 25 Konsentrasi TN dan TP pada *effluent* Teknologi UCT Selama 48 Jam Pengolahan

Baku mutu untuk parameter TP dan TN belum ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Namun, Konsentrasi Effluent parameter TP dan TN sudah terdapat pada Kriteria Desain berdasarkan buku Qasim tahun 2017, dimana pada teknologi UCT (*University of Cape Town*) Kadar Effluent TP adalah sebesar <10 mg/L sedangkan Kadar effluent TN adalah sebesar <2 mg/L. Hasil simulasi yang diperoleh dari skenario 2 menggunakan teknologi UCT (*University of Cape Town*) dengan bantuan *Software* STOAT 5.0 pada parameter TP adalah sebesar 5.62 mg/L sedangkan pada parameter TN adalah sebesar 1.64 mg/L, dimana parameter tersebut sudah memenuhi kriteria desain berdasarkan Buku Qasim tahun 2017. Untuk lebih jelasnya Tabel 4.24 merupakan kriteria desain berdasarkan buku Qasim tahun 2017 dan Hasil Simulasi menggunakan Teknologi UCT.

Tabel 4. 24 Perbandingan Kriteria Desain dan Hasil Simulasi Teknologi UCT

Perbandingan	SRT, $\theta_c$ (Hari)	F/M Ratio (/Hari)	HRT, $\theta$ (Jam)	MLSS (mg.TSS/l)	Return/Recycle Ratio	Effluent (mg/L)
Kriteria Desain (Qasim, 2017)	10-30	0.1-0.2	Anaerobik = 1-2 Anoksik = 2-4 Aerobik = 4-12	2000-4000	Rmlr = 2-4 Rir = 1-3	TP<10 TN<2
Hasil Simulasi (Teknologi UCT)	14	0.2	Anaerobik = 1 Anoksik = 3 Aerobik = 4	2500	Rmlr = 4 Rir = 3	TP= 5.62 TN= 1.64

#### **4.4 Perbandingan Hasil Simulasi Nutrien Pada IPAL X menggunakan *Conventional Activated Sludge (CAS)* dan Metode *University of Cape Town (UCT)* pada Software STOAT 5.0**

Berdasarkan hasil simulasi yang sudah didapatkan pada Skenario 1 menggunakan Metode *Conventional Activated Sludge* dan Skenario 2 menggunakan Metode *University of Cape Town (UCT)*, parameter utama yang menjadi acuan untuk dijadikan perbandingan adalah parameter Total P dan Total N untuk menentukan kinerja yang lebih baik pada IPAL X. Total N dalam air limbah dapat ditemukan pada Nitrogen Organik, Ammoniak, Nitrit dan Nitrat (Ismail, 2011). Pada skenario 1 yakni menggunakan Metode *Conventional Activated Sludge (CAS)*, Total N mengalami penurunan dari 34.81 mg/L menjadi 23.85 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 25%. Tidak hanya itu saja, pada saat Kadar Total N mengalami penurunan, Kadar ammoniak juga mengalami penurunan dari 19.5 mg/L menjadi 1.6 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 92%. Berbeda dengan kadar Nitrat, Kadar nitrat mengalami kenaikan konsentrasi yakni dari 7 mg/L menjadi 25.44 mg/L. Widayat *et al* (2010) menyatakan bahwa, Senyawa Ammoniak didalam air limbah dioksidasi menjadi nitrit dengan bakteri *Nitrosomonas* melalui proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi berlangsung dalam kondisi aerobik. Hal tersebut yang menyebabkan senyawa Ammoniak mengalami penurunan yang sangat tinggi dan memiliki efisiensi penyisihan yang sangat baik. Berbeda halnya dengan senyawa nitrat, senyawa nitrat mengalami kenaikan konsentrasi yang cukup tinggi, hal tersebut dikarenakan senyawa nitrit teroksidasi menjadi senyawa nitrat.

Pada parameter Total P, data input yang dimasukkan kedalam model berupa Soluble fosfat, dimana Soluble fosfat diperoleh dari 33% jumlah Total Fosfat pada *Influent* yakni sebesar 12 mg/L, sehingga didapat parameter Soluble Fosfat sebesar 3.96 mg/L. Berdasarkan penelitian (Li & Bret, 2015), data input yang dimasukkan pada model berupa Soluble Fosfat memiliki efisiensi penyisihan yang jauh lebih rendah dibandingkan total fosfor. Hal tersebut dikarenakan fosfat terlarut paling mudah untuk dimanfaatkan fitoplankton dan bakteri planktonik. Sehingga menjadi strategi yang paling efektif untuk meminimalkan eutrofikasi di badan air penerima. Pada skenario 1 menggunakan Metode *Conventional Activated Sludge* didapatkan hasil simulasi Total P sebesar 3.88 mg/L. Hasil simulasi Total P menggunakan Metode *Conventional Activated Sludge* hanya mengalami penurunan konsentrasi yang sangat sedikit, hal tersebut disebabkan karena pada *Activated Sludge* hanya terdapat satu fase pengolahan saja, yakni fase aerobik. Penyisihan Kadar Total P seharusnya terjadi pada tiga fase antara lain fase aerobik, fase anoksik dan fase anaerobik. Fase tersebut terjadi hanya

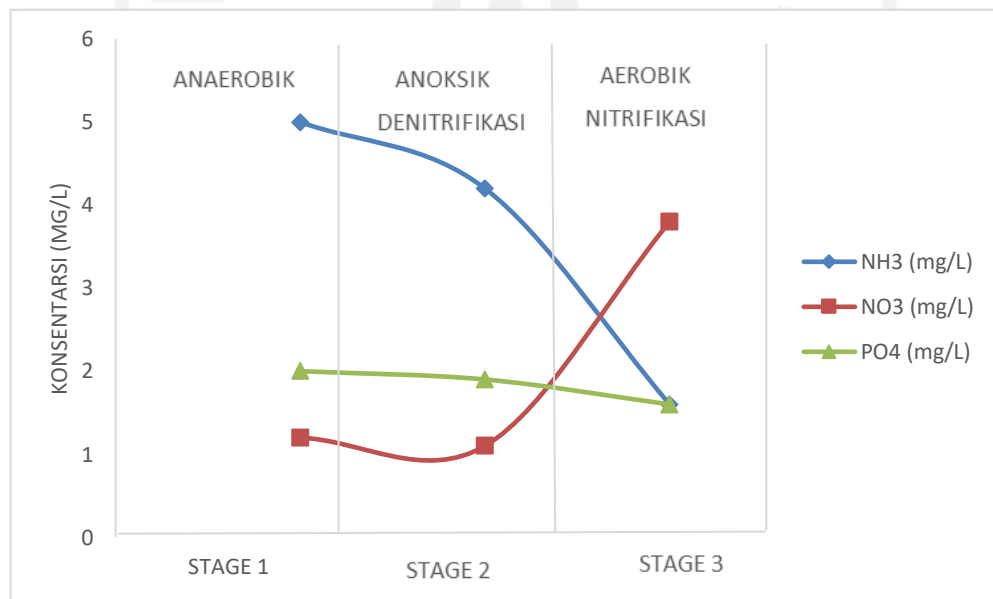
sementar, yakni ketika aliran pada *Secondary Clarifier* kembali ke bak *Activated Sludge* atau biasa disebut dengan *Return Activated Sludge* (RAS).

Hasil simulasi penurunan kadar Total P pada skenario kedua dengan menggunakan metode *University of Cape Town* (UCT) yang memiliki tiga fase pengolahan yaitu fase anerobic, fase anoksik dan fase aerobic memperoleh hasil yang lebih baik, dimana Kadar *influent* pada Total P sebesar 6.2 mg/L menjadi 1.64 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 66%. Kadar Total N juga memperoleh hasil yang lebih baik apabila dibandingkan dengan skenario satu, yakni Kadar *influent* pada Total N sebesar 34.81 mg/L menjadi 5.62 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 84 %. Selain itu, parameter organik yang terkandung dalam air limbah juga memperoleh hasil yang lebih baik. Kandungan BOD yang memiliki konsentrasi pada *influent* sebesar 128 mg/L menjadi 5.03 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 96%, kandungan COD yang memiliki konsentrasi pada *influent* sebesar 250 mg/L menjadi 5.03 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 98%, kandungan TSS yang memiliki konsentrasi pada *influent* sebesar 141 mg/L menjadi 7.05 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 95% dan kandungan Ammoniak yang memiliki konsentrasi pada *influent* sebesar 19.5 mg/L menjadi 2.27 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 88%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, hasil simulasi pada skenario dua menggunakan metode *University of Cape Town* (UCT) lebih baik dibandingkan hasil simulasi pada skenario satu menggunakan Metode *Conventional Activated Sludge*, hal tersebut disebabkan karena pada metode *University of Cape Town* (UCT) melewati tiga fase pengolahan (anaerobic, anoksik dan aerobic) sedangkan pada Metode *Conventional Activated Sludge* (CAS) hanya melewati satu fase pengolahan yakni fase aerobic. Pada fase anerobik dan anoksik tidak terjadi proses nitrifikasi sedangkan pada fase aerobic mengalami proses nitrifikasi, sehingga pada metode *Conventional Activated Sludge* (CAS) langsung mengalami proses nitrifikasi didalamnya sedangkan pada metode *University of Cape Town* (UCT) fase aerobic merupakan bak terakhir.

Kadar nitrat yang diperoleh dari hasil simulasi pada skenario dua menggunakan metode UCT mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan skenario satu menggunakan *Activated Sludge*. Hal tersebut dapat terjadi karena pada metode UCT terdapat proses *return* atau dikenal dengan IMLR (*Internal Mixed Liquor Recycle*). Pada metode UCT terjadi proses *return* sebanyak dua kali, pada proses *return* pertama dikenal dengan IMLR-Anaerobik dimana aliran Kembali dari bak anoksik ke bak anaerobik sedangkan proses *return* kedua yakni dikenal dengan IMLR-Nitrat dimana aliran Kembali dari bak aerobik ke bak anoksik. Laju pada IMLR harus dijaga serendah mungkin agar dapat mengurangi jumlah nitrat yang terdapat

pada bak anaerobik, apabila laju IMLR terlalu tinggi menyebabkan kadar DO yang akan terbawa dalam jumlah yang banyak dan mikroorganismenya akan lebih banyak mengonsumsi kadar DO dibandingkan mengonsumsi kadar Nitrat sehingga akan mengganggu dalam proses penyisihan kadar Total P (Christina, 2013). Pada Buku B Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) disebutkan bahwa dalam mereduksi nitrat menjadi nitrogen, konsentrasi DO yang digunakan pada bak anoksik harus mendekati nol, hal tersebut membuat hasil simulasi pada skenario dua jauh lebih baik dibandingkan hasil simulasi pada skenario satu.

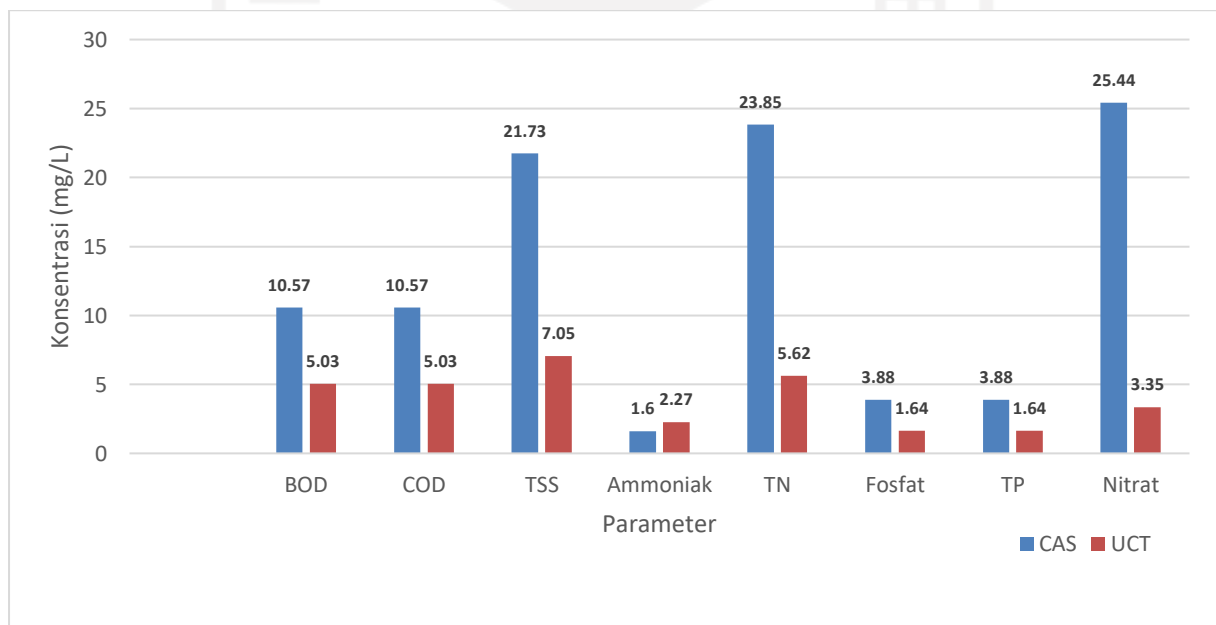
Hasil simulasi pada skenario dua menggunakan metode UCT memperoleh kadar TP yang lebih baik dibandingkan pada skenario satu menggunakan metode *Activated Sludge*. Dalam Buku B Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) dijelaskan bahwa dalam melakukan penyisihan kadar Total P didalam air limbah akan dibantu oleh mikroorganismenya berupa bakteri *Polyphosphate-Accumulating Organisms* (PAO), dimana bakteri tersebut akan bekerja dalam kondisi aerobik maupun anoksik. Pada kondisi anoksik, *Polyphosphate-Accumulating Organisms* (PAO) akan menggunakan *Polyphosphate* ( $P_2O_7$ ) sebagai sumber energi dan akan melepaskan senyawa fosfor dalam bentuk *Orthophosphate* ( $PO_4^{-3}$ ). Sedangkan pada kondisi aerobik, *Polyphosphate-Accumulating Organisms* (PAO) akan menggunakan *Orthophosphate* ( $PO_4^{-3}$ ) dalam melakukan metabolisme sehingga akan terbentuk sel baru. Gambar 4.26 merupakan penyisihan nitrogen dan fosfor yang terjadi pada teknologi UCT:



Gambar 4. 26 Diagram Proses Penyisihan TN dan TP Teknologi UCT

Berdasarkan gambar diatas, penyisihan senyawa TN dapat dilihat pada senyawa ammoniak dan senyawa nitrat sedangkan penyisihan senyawa TP dapat dilihat pada senyawa fosfor. Pada senyawa ammoniak terjadi penurunan konsentrasi yang sangat signifikan di bak anaerobik. Hal tersebut dapat terjadi karena senyawa ammoniak didalam air limbah dioksidasi menjadi nitrit dengan bakteri autotrof dan akan dilepaskan ke udara sehingga menghasilkan gas nitrogen. Oleh karena itu, dapat terjadi penurunan senyawa TN pada bak anaerobik. Pada bak anoksik, terjadi penyisihan senyawa TN melalui proses denitrifikasi, dimana pada proses denitrifikasi tersebut akan mengoksidasi senyawa nitrat yang dihasilkan menjadi gas nitrogen dan kemudian akan dilepaskan ke udara dengan bantuan bakteri *pseudomonas*. Sedangkan pada bak aerobik, penyisihan senyawa TN terjadi melalui proses nitrifikasi, dimana proses nitrifikasi akan mengubah senyawa ammoniak menjadi nitrat dengan bantuan bakteri autotroph dengan bantuan bakteri *nitrosomonas*.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa, Simulasi pada Skenario 2 menggunakan *Activated Sludge* modifikasi UCT lebih mampu dalam mengolah kadar nutrien pada IPAL X. Adapun perbandingan hasil simulasi pada skenario satu dengan metode *Activated Sludge* dan skenario dua dengan metode UCT menggunakan *Software* STOAT 5.0 yang dapat dilihat pada Gambar 4.27:



Gambar 4. 27 Perbandingan Hasil Simulasi Skenario 1 dan Skenario 2



Tabel 4.25 menunjukkan Perbandingan Hasil Simulasi dan Efisiensi Penyisihan Skenario 1 menggunakan teknologi lumpur aktif konvensional dan Skenario 2 menggunakan teknologi UCT:

Tabel 4. 25 Perbandingan Hasil Simulasi dan Efisiensi Penyisihan Skenario 1 dan Skenario 2

Parameter	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)		Efisiensi Penyisihan	
		CAS	UCT	CAS	UCT
<b>BOD</b>	128	10.57	5.03	92%	96%
<b>COD</b>	250	10.57	5.03	96%	98%
<b>TSS</b>	141	21.73	7.05	85%	95%
<b>Ammoniak</b>	19.5	1.6	2.27	92%	88%
<b>TN</b>	34.81	23.85	5.62	25%	84%
<b>Fosfat</b>	6.2	3.88	1.64	2.02%	66%
<b>TP</b>	12	3.88	1.64	2.02%	66%
<b>Nitrat</b>	7	25.44	3.35	-	52%

Berdasarkan perhitungan kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh *Conventional Activated Sludge* dan *University of Cape Town*, didapatkan hasil kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh bakteri yang bekerja dalam fase aerobik pada *Conventional Activated Sludge* adalah sebesar 86.81 kg O<sub>2</sub>/hari sedangkan pada *University of Cape Town* adalah sebesar 257.42 kg O<sub>2</sub>/hari. Sehingga dapat diketahui bahwa *University of Cape Town* akan mengkonsumsi energi yang lebih besar dibandingkan *Conventional Activated Sludge*. *SND efficiency* (% SND) merupakan suatu besaran nilai efisiensi oleh bakteri dalam hal melakukan penyisihan nitrogen dan fosfor melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Apabila dibandingkan menggunakan %SND, diperoleh %SND dari *Conventional Activated Sludge* adalah sebesar 36.55% sedangkan pada *University of Cape Town* adalah sebesar 84.15%. Dapat diketahui dari %SND bahwa *University of Cape Town* memiliki hasil efisiensi yang jauh lebih baik dibandingkan *Conventional Activated Sludge*. Hal tersebut juga dapat dilihat dari hasil model simulasi menggunakan *software* STOAT 5.0 yang menunjukkan bahwa efisiensi removal terbaik dalam melakukan penyisihan nutrien yakni menggunakan *University of Cape Town*.

#### 4.5 Analisis Strengths, Weaknesses, Opportunities dan Threats (SWOT) pada IPAL X menggunakan metode *University of Cape Town* (UCT)

Pada penelitian ini, dilakukan upaya untuk mengetahui strategi dari kedua skenario yang sudah dilakukan yakni dengan Analisa SWOT. Analisa SWOT merupakan suatu metode untuk menentukan berbagai factor secara sistematis dengan tujuan untuk merumuskan strategi sistem pengelolaan air limbah pada IPAL X. Menurut Anggraini (2014), Analisis SWOT

didasarkan pada logika sehingga dapat memaksimalkan Kekuatan (*Strengths*) dan Peluang (*Opportunities*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*Weakness*) dan Ancaman (*Threats*). Tabel 4.26 merupakan Analisa SWOT Skenario 1 menggunakan Activated Sludge pada IPAL X:

Tabel 4. 26 Analisa SWOT Skenario 1 pada IPAL X

No	Strengths (Kekuatan)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Mampu menurunkan bahan organik	4	3	12
2	Biaya investasi rendah	4	3	12
<b>Total Strengths</b>				<b>24</b>
No	Weakness (Kelemahan)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Biaya operasional besar	3	2	6
2	Tidak dapat menyisihkan nutrisi	4	4	14
3	Membutuhkan lahan yang luas	3	2	6
<b>Total Weakness</b>				<b>26</b>
<b>Selisih S-W</b>				<b>-2</b>
No	Opportunities (Peluang)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Mampu dalam mengolah air limbah	3	2	6
2	Nilai <i>effluent</i> menjadi rendah	3	2	6
3	Badan air tidak tercemar	4	3	12
<b>Total Opportunities</b>				<b>24</b>
No	Threats (Ancaman)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Tidak terdapat baku mutu kadar TN dan TP	4	4	16
2	Pertumbuhan penduduk meningkat	4	4	16
<b>Total Threats</b>				<b>32</b>
<b>Selisih O-T</b>				<b>-8</b>

Kelebihan teknologi CAS (*Conventional Activated Sludge*) antara lain mampu menurunkan bahan organik dengan biaya investasi yang cukup rendah yang dibuktikan dari hasil simulasi yang sudah dilakukan pada penelitian ini. Oleh karena itu, nilai pembobotan dan nilai skoring sebesar 4 (sangat penting dan sangat mendesak) dan 4 (sangat berpengaruh kuat). Terdapat beberapa kekurangan pada teknologi CAS antara lain biaya operasional yang besar, membutuhkan lahan yang luas serta tidak mampu dalam menyisihkan kadar nutrisi.



Peluang dari Teknologi CAS antara lain mampu dalam menurunkan sehingga nilai *effluent* menjadi rendah dan badan air tidak tercemar dengan nilai pembobotan dan nilai skoring sebesar 4 (sangat penting dan sangat mendesak) dan 4 (sangat penting). Terdapat ancaman yang akan terjadi dimasa akan datang antara lain nilai *effluent* TP dan TN yang masuk ke badan air masih tinggi karena belum ditetapkannya baku mutu untuk kadar TP dan TN tersebut. Tidak hanya itu saja, pertumbuhan penduduk yang meningkat akan menyebabkan air limbah yang dihasilkan lebih banyak. Oleh karena itu, pada faktor eksternal berupa ancaman memiliki nilai pembobotan dan nilai skoring sebesar 4 (sangat mendesak dan sangat penting) dan 4 (berpengaruh sangat kuat).

Sedangkan tabel 4.27 merupakan Hasil Analisa SWOT Skenario 2 menggunakan UCT (*University of Cape Town*) pada IPAL X:

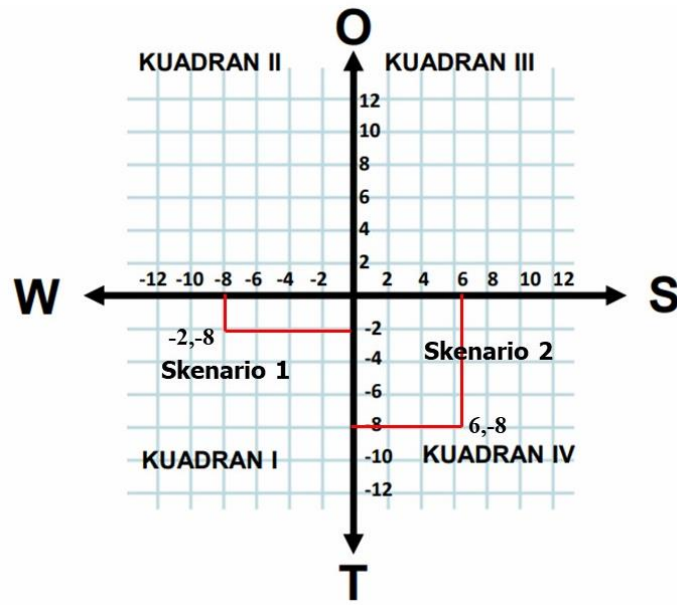
Tabel 4. 27 Analisa SWOT Skenario 2 pada IPAL X

No	Strengths (Kekuatan)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Mampu menurunkan bahan organik	4	3	12
2	Mampu menurunkan kadar nutrien	4	3	12
3	Kandungan lumpur yang dihasilkan sedikit	2	3	6
4	Biaya operasi rendah	3	2	6
<b>Total Strengths</b>				<b>36</b>
No	Weakness (Kelemahan)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Mebutuhkan dua sistem daur ulang	4	3	12
2	Energi yang dibutuhkan besar	3	2	6
3	Mebutuhkan lahan yang luas	4	3	12
<b>Total Weakness</b>				<b>30</b>
<b>Selisih S-W</b>				<b>6</b>
No	Oppurtunities (Peluang)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Mampu dalam mengolahan air limbah	3	2	6
2	Nilai <i>effluent</i> menjadi rendah	3	2	6
3	Badan air tidak tercemar	4	3	12
<b>Total Oppurtunities</b>				<b>24</b>
No	Threats (Ancaman)	Skoring	Pembobotan	Total
1	Tidak terdapat baku mutu kadar TN dan TP	4	4	16
2	Pertumbuhan penduduk meningkat	4	4	16

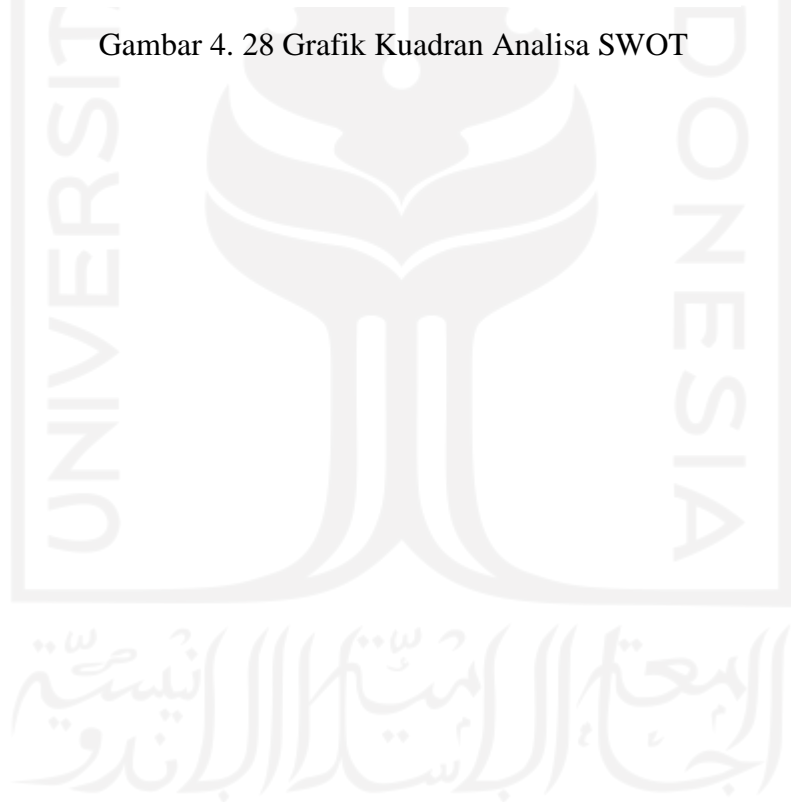
<b>Total Threats</b>	<b>32</b>
<b>Selisih O-T</b>	<b>-8</b>

Kelebihan teknologi UCT (*University of Cape Town*) antara lain mampu menurunkan kadar nutrien berupa nitrogen dan fosfor serta dapat menurunkan kadar bahan organik pada air limbah yang dibuktikan dengan hasil simulasi yang sudah dilakukan pada penelitian ini. Oleh karena itu, nilai pembobotan dan nilai skoring sebesar 4 (sangat mendesak dan sangat penting) dan 4 (berpengaruh sangat kuat). Teknologi UCT akan menghasilkan kadar lumpur yang sedikit. Biaya operasional pada teknologi UCT yang rendah. Pada teknologi UCT terdapat beberapa kekurangan dimana teknologi UCT ini memiliki dua fase daur ulang, dari bak anoksik ke bak anaerobic dan dari bak aerobik ke bak anoksik. Energi yang dibutuhkan teknologi UCT cukup besar dan membutuhkan lahan yang luas untuk pengelolaan air limbah. Peluang dari Teknologi UCT antara lain mampu dalam menurunkan sehingga nilai *effluent* menjadi rendah dan badan air tidak tercemar dengan nilai pembobotan dan nilai skoring sebesar 4 (sangat penting dan sangat mendesak) dan 4 (sangat penting). Terdapat ancaman yang akan terjadi dimasa akan datang antara lain nilai *effluent* TP dan TN yang masuk ke badan air masih tinggi karena belum ditetapkannya baku mutu untuk kadar TP dan TN tersebut. Tidak hanya itu saja, pertumbuhan penduduk yang meningkat akan menyebabkan air limbah yang dihasilkan lebih banyak. Oleh karena itu, pada faktor eksternal berupa ancaman memiliki nilai pembobotan dan nilai skoring sebesar 4 (sangat mendesak dan sangat penting) dan 4 (berpengaruh sangat kuat).

Dari Analisa SWOT yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa pada skenario 1 diperoleh nilai Selisih SW sebesar -2 dan Selisih OT sebesar -8. Sedangkan pada skenario 2 diperoleh nilai Selisih SW sebesar 6 dan Selisih OT sebesar -8. Apabila Nilai selisih SW dan OT tersebut diletakkan pada grafik maka pada Skenario 1 menempati Kuadran Pertama dimana nilai X dan Y bernilai negatif, sedangkan pada Skenario 2 menempati Kuadran Keempat dimana nilai X bernilai positif dan nilai Y bernilai negative, yang artinya teknologi UCT merupakan teknologi yang dapat dikembangkan dimasa yang akan datang dalam melakukan penyisihan nitrogen dan fosfor. Namun terdapat tantangan yang harus dihadapi yaitu berupa dibutuhkannya seseorang yang andal dalam melakukan pengolahan IPAL menggunakan teknologi UCT dengan memiliki 3 fase pengolahan dan 2 fase resirkulasi. Untuk lebih jelasnya, Gambar 4.28 merupakan Grafik kuadran pada Skenario 1 dan Skenario 2:



Gambar 4. 28 Grafik Kuadran Analisa SWOT



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian yang sudah dilakukan:

1. Berdasarkan hasil perhitungan manual menggunakan teknologi lumpur aktif konvensional dan UCT didapatkan hasil berupa dimensi tiap teknologi, Waktu detensi (HRT), Debit MLR (*Q Mixed Liquor Recycle*), Debit *Waste Activated Sludge* (*Q WAS*) dan Debit *Return Activated Sludge* (*Q RAS*) yang akan digunakan dalam proses simulasi pemodelan menggunakan *Software STOAT 5.0*.
2. Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *Software STOAT* versi 5.0. Untuk dapat melakukan simulasi tersebut langkah awal adalah menyusun model unit teknologi yang digunakan pada lembar kerja *Software STOAT 5.0*. Kemudian melakukan simulasi dengan cara memasukkan data input yang dibutuhkan pada setiap teknologi yang digunakan. Data input yang menjadi data penunjang seperti Dimensi Bak, Luas Lahan yang dibutuhkan, Debit *Waste Activated Sludge* (*Q WAS*) dan Debit *Return Activated Sludge* (*Q RAS*) pada *Software STOAT* didapatkan dari studi literatur yang kemudian akan dilakukan perhitungan manual. Langkah terakhir tekan tombol running dan hasil simulasi akan muncul dalam bentuk grafik.
3. Berdasarkan hasil simulasi yang sudah dilakukan menggunakan *Software STOAT 5.0* pada persentase removal parameter Total P dan Total N metode lumpur aktif UCT memiliki persentase removal yang baik dibandingkan metode lumpur aktif konvensional. Pada metode lumpur aktif UCT dalam melakukan penyisihan parameter TP dan TN memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 66% dan 84%, sedangkan pada lumpur aktif konvensional dalam melakukan penyisihan parameter TP dan TN memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 2.02% dan 25%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lumpur aktif UCT memiliki performa yang lebih baik dibandingkan lumpur aktif konvensional.
4. Berdasarkan hasil Analisa SWOT yang sudah dilakukan pada lumpur aktif konvensional dan lumpur aktif UCT, teknologi lumpur aktif UCT menempati Kuadran IV, dimana teknologi lumpur aktif UCT memiliki peran yang baik terhadap penyisihan parameter TP dan TN pada air limbah. Sedangkan teknologi lumpur aktif

konvensional menempati Kuadran I, dimana lumpur aktif konvensional tidak mampu dalam melakukan penyisihan kandungan TP dan TN.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada peneliti yang berkeinginan melanjutkan penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan kalibrasi data terlebih dahulu sebelum melakukan simulasi menggunakan Software STOAT sehingga data yang diolah menggunakan simulasi STOAT dapat sangat mendekati nilai yang sesungguhnya dan mendapatkan kadar *effluent* yang lebih baik
2. Perlu dilakukan simulasi STOAT lebih lanjut mengenai pembiayaan dan penggunaan energi pada setiap teknologi IPAL yang terpilih. Sehingga dapat memperoleh BOQ dan RAB yang akan digunakan dalam pembangunan IPAL.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, S., Asmadi., dan Trisnawati, Elly. (2014). Analisis SWOT Kinerja Sistem Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Dr. Soedarso Pontianak. *Jumantik:Vol 1(1)*.
- Angreni, Defi. (2009). *Efektifitas Tanaman Rumput Tiga Segi (Cyperus Odoratus) Dalam Menurunkan Kandungan BOD Pada Air Buangan yang Bersumber Dari Rumah Tangga (Domestik Wastes Water)*.Diakses pada tanggal 22 Desember 2011.
- Bengston, H.H. 2017. *Biological Wastewater Treatment Process Design Calculations*. Emeritus Professor of Civil Engineering: Southern Illinois University Edwardsville.
- Cardona, R. (2018). *Wastewater Math Formula*.
- Christalisana, C. (2018). Pengaruh Pengalaman Dan Karakter Sumber Daya Manusia Konsultan Manajemen Konstruksi Terhadap Kualitas Pekerjaan Pada Proyek Di Kabupaten Pandeglang. In *Jurnal Fondasi* (Vol. 7, Issue 1).
- Christina, Etika. *Pengelolaan Buangan Industri Nutrient Removal*. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Cooper, P., Day, M., & Thomas, V. (1994). *Process Options for Phosphorus and Nitrogen Removal from Wastewater*.
- Dieu, T. T. M., Mai, H. N. P., & K., S. T. (2016). Domestic Wastewater Treatment by Activated Sludge Technology: Efficiency, Energy Consumption and Waste Generation The case of Binh Hung Wastewater Treatment Plant, Ho Chi Minh City, Vietnam. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 3(6), 375–381. [www.ijiset.com](http://www.ijiset.com)
- Dorofeev, A. G., Nikolaev, Y. A., Mardanov, A. v., & Pimenov, N. v. (2020). Role of Phosphate-Accumulating Bacteria in Biological Phosphorus Removal from Wastewater. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 56(1). <https://doi.org/10.1134/S0003683820010056>.
- Hammer, Mark J. dan Mark J. Hammer, Jr. (2008). *Water and WasteWater Technology (6th Edition)*. New Jerse: Pearson Prantice Hall.

- Hanafi, S., & Purnama Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar Jl Daeng Tata Raya, J. (2012). *Konsentrasi Nutrien di Saluran Pembuangan Kota Makassar: Sebuah Survei Awal Nutrien Concentrations From Urban Drainage: A Preliminary Survei From Makassar: Vol. I* (Issue 1).
- Haque, Errila Afifah. 2017. *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Lumpur Aktif Model SBR Skala Laboratorium*. Institusi Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- Hassan, H.H, dan Ragheb, A.M. (2019). Modelling of an SBR WWTP to Enhance the Performance under Hydraulic Shock Load Using STOAT Software. *Jurnal of Civil Engineering and Architecture* 13 : 704 – 714.
- Hastuti, E., Anggraini, F., & Nuraeni, R. (2017). Characteristics Of Organik And Nutrien Removal On Loop Biofilter System For Peat Water And Wastewater Treatment. *Widyariset*, 3(1), 55. <https://doi.org/10.14203/widyariset.3.1.2017.55-66>.
- Henze, M., Loosdrecht, M. C. M., Ekama, G. A., & Brdjanovic, D. (2008). Biological Wastewater Treatment Principles, Modelling and Design. In *IWA Publishing*.
- Hutagalung, Riyan Fernandes. (2018). *Perencanaan IPAL di Kawasan Pelabuhan PT. Pelindo I Cabang Belawan, Kota Medan*. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Ikbal. (2016). Peningkatan Kinerja Ipal Lumpur Aktif Dengan Penambahan Unit Biofilter (Studi Kasus IPAL Pasaraya Blok M, Kapasitas 420 M3/Hari). *JAI: Vol. 9, NO. 1*.
- James E. Huff, P.E., & Darryl Casrtensen. P. E. (2015). *Phosphorus Removal Feasibility Report For The Barrington Wastewater Treatment Facility*.
- Ismail, Hana Maryam. (2011). *Pemodelan Total Nitrogen pada Sungai Pesanggrahan Akibat Input Lindi TPA Cipayung Kota Depok Berupa Beban Impuls*. Universitas Indonesia: Depok.
- Karyadi L. (2010). Partisipasi Masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Di RT 30 RW 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta. *Skripsi*. Yogyakarta (ID): Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kementrian PUPR, Direktorat Jenderal Cipta Karya (2018). Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T).



- Kementrian PUPR, Direktorat Jenderal Cipta Karya (2018). Buku A Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T).
- Kurniawan, D.A. (2011). *Strategi Pengembangan Pengelolaan Air Limbah Perkotaan (Studi Kasus IPAL Semanggi Kota Surakarta)*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Li, B., & Brett, M. T. (2015). The relationship between operational and bioavailable phosphorus fractions in effluents from advanced nutrient removal systems. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(10), 3317-3328. <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0760-y>
- Lumunon, E., Riogilang, H., & Supit, C. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar Di Kota Tondano. *Jurnal Tekno*, 19(77), 1–10.
- Mahbub, J. (2015). *Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif*. <https://www.researchgate.net/publication/287686764>
- Martins, A. C. O., Silva, M. C. A., & Benetti, A. D. (2021). Evaluation and Optimization of ASM1 parameters using large-scale WWTP monitoring data from a subtropical climate region in Brazil. *Water Practice and Technology*, 17(1), 268-284. <https://doi.org/10.2166/wpt.2021.19>
- Metcalf dan Eddy. (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse (4th edition)*. New York: McGraw-Hill.
- Minhaj, P.G.O., Pratama, M.A., Adityosunlindro, S, dan Hartono, D.M. (2020). *Modeling performance of industrial park wastewater treatment plant by STOAT Software*. Environmental Engineering Study Program, Department of Civil Engineering: Universitas Indonesia.
- Mushinin, N. (2019). Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Fitoremediasi Sistem Constructed Wetland dengan Tanaman Pandanus Amaryllifolius dan Azolla Microphilla. In *Universitas Gajah Mada*.
- Nur, A., Alfionita, A., Kaseng, E. S., Program, A., Pendidikan, S., & Pertanian, T. (2019). Pengaruh Eutrofikasi Terhadap Kualitas Air Di Sungai Jeneberang Effect Of Eutrophication On Water Quality In Jeneberang River. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5, 9–23.



- Nuraini, S. (2017). *Pengolahan Limbah Air Industri dengan Lumpur Aktif dan Karbon Aktif*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11965.67047>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016.
- Pitoyo, E., Hendriarianti, E., Karnaningroem, N., Lingkungan, T., Teknik, F., & Teknologi, I. (2017). Evaluasi IPAL Komunal Pada Kelurahan Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. *Jurnal Purifikasi*, 17(1), 1–10.
- Pranoto, K., Pahilda, W.R., Abfertiawan, M.S., Elistyandari, A., & Sutikno, A. (2019). Teknologi Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Air Limbah Pemukiman Karyawan Dan Perkantoran Pt Kaltim Prima Coal. *Indonesia Mining Professionals Journal*, Vol 1(1).
- Priyanka, A. (2012). Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan Dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Learning Center). *Jurnal Universitas Indonesia*, 1–105.
- Proyek Untuk Pengembangan Kapasitas Sektor Air Limbah Melalui Peninjauan Master Plan Pengelolaan Air Limbah di DKI Jakarta di Republik Indonesia
- Putri, F.D.M., Widyastuti, E., & Christiani. (2014). Hubungan Perbandingan Total Nitrogen Dan Total Fosfor Dengan Kelimpahan Chrysophyta Di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman, Banjarnegara. *Scripta Biologica*, Vol 1(1): 96-101.
- Qasim, S. R., & Zhu, G. (2017). Wastewater treatment and reuse Theory and design examples. In CRC Press.
- Rahmawati, Prillia. (2014). *Pengelolaan Metode IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dalam Mengatasi Pencemaran Air Tanah dan Air Sungai*. Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.
- Ridha, Nukmatur. 2017. Proses Penelitian, Masalah, Variabel Dan Paradigma Penelitian. In *Jurnal Hikmah* (Vol. 14, Issues 1).
- Rieger L, Langergrabe G, Ohtsuki T. (2012). *Guidelines for Using Activated Sludge Models*. IWA Scientific and Technical Report No. 22. IWA Publishing, London.

- Rosalina, F., Wunas, S., & Mulyadi, R. 2018. Evaluasi Tingkat Pemanfaatan Ipal Komunal Pada Pengguna Pasca Pembangunan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(2), 182-187.
- Said, N.I., & Utomo, K. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Lumpur Aktif yang diisi dengan Media Bioball. *JAI Vol 3(2)*.
- Sabeen, A.H., Ngadi, N., Noor, Z.Z., Raheem, A.B., Agouillal, F., Mohammed, A.A., & Abdulkarim, B.I. (2018). Characteristics of the Effluent Wastewater in Sewage Treatment Plants of Malaysian Urban Areas. *Chemical Engineering Transactions: Vol. 63*. Santony, J. (2019). Simulasi Monte Carlo untuk Memprediksi Hasil Ujian Nasional (Studi Kasus di SMKN 2 Pekanbaru). *Jurnal Informasi & Teknologi*, 1(4), 1-6
- Sastri, Nedyayayaka. (2019). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Pada Industri Saos, Kecap, dan Permen Ting-Ting Jahe*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya : Surabaya.
- Sawyer, Clair N. (2003). *Chemistry For Chemical Engineering and Engineering Science*. New York: McGraw.
- Schellenberg, T., Subramanian, V., Ganeshan, G., Tompkins, D., & Pradeep, R. (2020). Wastewater Discharge Standards in the Evolving Context of Urban Sustainability—The Case of India. *Frontiers in Environmental Science*, Vol.8.
- Siddik, S.S., & Sururi, M.R. (2021). Strategi Pengembangan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Di Wilayah Pelayanan Ipal Regional Lagadar. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 13(2), 104-119.
- Smith M, Dudley J. (2010). Dynamic Process Modelling of Activated-Sludge Plants, *Water & Environment Journal*. 12: 346-356.
- Spellman, F. (2014). *Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. 3rd edn. Edited by T. & F. Group. Boca Raton: CRC Press.
- Steele, M.M., Ancil, A., & Ladner, D.A. (2014). Integrating algaculture into small wastewater treatment plants: process flow options and life cycle impacts. *Environment Science: Processes Impacts* (16): 1387–1399.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia
- Sugiharto, (2014). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta
- Suharno dan Asmadi. (2012). *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Gosyen Publishing: Yogyakarta.
- Syahrin, E., Santony, J., & Na'am, J. (2018). Pemodelan Penjualan Produk Herbal Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal KomtekInfo*, 5(3), 33-41.
- Van Loosdrecht, M. C. M., Hooijmans, C. M., Brdjanovic, D., & Heijnen, J. J. (1997). *Biological phosphate removal processes*. *Microbiol Biotechnol* 48: 289±296.
- Vaiopoulou, E., & Aivasidis, A. (2008). A modified UCT method for biological nutrient removal: Configuration and performance. *Chemosphere*, 72(7), 1062–1068. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.04.044>
- Tjokrokusumo. (1999). *Pengantar Engineering Lingkungan*. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan. Yogyakarta.
- Van Loosdrecht, M. C. M., Hooijmans, C. M., Brdjanovic, D., & Heijnen, J. J. (1997). *Biological phosphate removal processes*. *Microbiol Biotechnol*, 48: 289-296.
- Wang, W., Shi, C., Yang, J., Zeng, M., Dai, Z., and Zhang, Z. (2019). Modelling performance of oxidation ditch in wastewater treatment plant by STOAT software. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 300(3), pp. 032065.
- Widayat, W., Suprihatin., dan Herlambang, Arie. (2010). Penyisihan Ammoniak dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon. *JAI Vol 6:1*.
- Wulandari, Puji. (2014). *Perancangan Pengolahan Air Limbah Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju*. Universitas Sriwijaya. Indralaya, Sumatera Selatan.
- Zhang, Q., Yu, R., Jin, Y., Zhang, Z., Liu, X., Xue, H., Hao, Y., & Wang, L. (2019). Temporal and Spatial Variation Trends in Water Quality Based on the WPI Index in the Shallow Lake of an Arid Area: A Case Study of Lake Ulansuhai, China. *Journal Water*, 11: 1410. doi:10.3390/w11071410.

## LAMPIRAN I

### PERENCANAAN DEBIT

#### A. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

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

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

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

Dimana :

- $K_a$  = Konstanta aritmatik
- $P_{21}$  = Jumlah penduduk tahun terakhir
- $P_{10}$  = Jumlah penduduk tahun awal
- $T_{21}$  = Tahun terakhir
- $T_{10}$  = Tahun awal

Contoh perhitungan:

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

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

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

Dimana :

- $Y_i$  = Jumlah penduduk tahun ke-n
- $P_o$  = Jumlah penduduk tahun dasar (terakhir)
- $K_a$  = Konstanta aritmatik
- $n$  = Periode (waktu) antara tahun awal dan tahun n

Contoh perhitungan tahun 2012:

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

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

3. Standar Deviasi

Selanjutnya menentukan standar deviasi dengan metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metode yang memberikan nilai standar deviasi terkecil. Contoh perhitungan pada tahun 2012:

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

## B. Proyeksi Penduduk Metode Geometri

Adapun tahapan pengerjaan data statistik penduduk Wilayah X 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 2009-2020 dengan metode Geometrik, menggunakan rumus:

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

Dimana :

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

Contoh perhitungan tahun 2012:

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

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

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

3. Standar Deviasi

Selanjutnya menentukan standar deviasi dengan metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metode yang memberikan nilai standar deviasi terkecil. Contoh perhitungan pada tahun 2012:

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

## C. Proyeksi Penduduk Metode Least Square

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

1. Menentukan nilai x (Tahun ke n) dan nilai y (Jumlah Penduduk)

2. Mencari jumlah penduduk pada tahun tersebut ( $xy$ )
3. Menghitung jumlah penduduk pada data yang diperoleh
4. Mencari nilai  $b$ , dengan rumus:

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

Contoh Perhitungan:

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

5. Mencari nilai  $a$ , dengan rumus:

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

Contoh perhitunga:

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

6. Membuat persamaan *least square*:

$$Y_i = a + bx$$

Dimana :

- $Y_i$  = Nilai variabel berdasarkan garis regresi
- $a$  = Konstanta
- $b$  = Koefisien arah Regresi Linier
- $x$  = Variabel independen

Contoh perhitungan tahun 2012:

$$Y_i = a + bx$$

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

7. Standar Deviasi

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

Contoh perhitungan pada tahun 2012:

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

#### D. Perhitungan Debit

1. Jumlah penduduk = 13899 Jiwa
2. Persentase Pelayanan = 100%
3. Jumlah penduduk terlayani  
= Jumlah penduduk x persentase pelayanan

$$= 13899 \text{ Jiwa} \times 100\%$$

$$= 13899 \text{ Jiwa}$$

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

5. Kebutuhan Air Bersih

$$= \text{Jumlah penduduk terlayani 2032} \times \text{Jumlah pemakaian air}$$

$$= 13899 \text{ Jiwa} \times 60 \text{ L/org/hari}$$

$$= 833913.8 \text{ L/hari}$$

$$= 9.652 \text{ L/s}$$

6. Faktor puncak (Fp)

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

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

$$= 2.954$$

7. Debit rata-rata (Qr)

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

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

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

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

8. Debit infiltrasi (Qinf)

$$= 10\% \times Q_r$$

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

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

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

9. Debit puncak (Qpeak)

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

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

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

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

### G. Tabel Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Tabel I.1 menunjukkan proyeksi penduduk dengan metode aritmatik pada Wilayah X 10 tahun terakhir:

Tabel I. 1 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Aritmatik (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean) <sup>2</sup>
			Jiwa	Ratio			
<b>2010</b>	1	9645	-	0.00%	9645	-1224	1496952
<b>2011</b>	2	9839	194	1.97%	9867	-1001	1002092
<b>2012</b>	3	10028	189	1.88%	10090	-779	606204
<b>2013</b>	4	10216	188	1.84%	10312	-556	309288
<b>2014</b>	5	10399	183	1.76%	10535	-334	111344
<b>2015</b>	6	10578	179	1.69%	10757	-111	12372
<b>2016</b>	7	10755	177	1.65%	10980	111	12372
<b>2017</b>	8	10926	171	1.57%	11202	334	111344
<b>2018</b>	9	11091	165	1.49%	11425	556	309288
<b>2019</b>	10	11251	160	1.42%	11647	779	606204
<b>2020</b>	11	11404	153	1.34%	11870	1001	1002092
<b>2021</b>	12	12092	688	5.69%	12092	1224	1496952
<b>Jumlah</b>	<b>78</b>	<b>128224</b>	<b>1606</b>	<b>22.30%</b>	<b>106460</b>		<b>7076502</b>
<b>Rerata</b>		<b>10685</b>	<b>178.44</b>	<b>1.86%</b>	<b>10869</b>		<b>589708</b>
<b>Standar Deviasi</b>					<b>767.92</b>		
<b>Ka</b>					<b>222</b>		



## H. Tabel Proyeksi Penduduk Metode Geometri

Tabel I.2 menunjukkan proyeksi penduduk dengan metode geometri pada Wilayah X 10 tahun terakhir:

Tabel I. 2 Proyeksi Penduduk Metode Geometri

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

## I. Tabel Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Tabel I.3 menunjukkan proyeksi penduduk dengan metode least square pada Wilayah X 10 tahun terakhir:

Tabel I. 3 Proyeksi Penduduk Metode Least Square

Tahun	Tahun Ke-n (X)	Jumlah Penduduk (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Pertumbuhan Penduduk		Hasil Perhitungan Least Square (Yi)	(Yi-Ymean)	(Yi-Ymean) <sup>2</sup>
					Jiwa	Ratio			
2010	1	9645	9645	1	-	0.00%	9614	-1071	1147205.78
2011	2	9839	19678	4	194	1.97%	9809	-876	767964.20
2012	3	10028	30084	9	189	1.88%	10004	-682	464570.93
2013	4	10216	40864	16	188	1.84%	10198	-487	237025.99
2014	5	10399	51995	25	183	1.76%	10393	-292	85329.36
2015	6	10578	63468	36	179	1.69%	10588	-97	9481.04
2016	7	10755	75285	49	177	1.65%	10783	97	9481.04
2017	8	10926	87408	64	171	1.57%	10977	292	85329.36
2018	9	11091	99819	81	165	1.49%	11172	487	237025.99
2019	10	11251	112510	100	160	1.42%	11367	682	464570.93
2020	11	11404	125444	121	153	1.34%	11562	876	767964.20
2021	12	12092	145104	144	688	5.69%	11756	1071	1147205.78
<b>Jumlah</b>	<b>78</b>	<b>128224</b>	<b>861304</b>	<b>650</b>	<b>2447</b>	<b>22.30%</b>	<b>128224</b>		<b>5423154.57</b>
<b>Rerata</b>		<b>10685</b>	<b>71775.33</b>	<b>54.17</b>	<b>222.45</b>	<b>1.86%</b>	<b>10685</b>		<b>451929.55</b>
<b>Standar Deviasi</b>									<b>672.26</b>
<b>b</b>									<b>194.74</b>
<b>a</b>									<b>9419.52</b>

**LAMPIRAN II**  
**PERHITUNGAN MANUAL TEKNOLOGI IPAL X**

**A. Bar Screen**

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

**Data Perencanaan:** (Dewi, 2014 dan Buku B SPALD-T, 2018)

- a. Jumlah Unit = 1 buah
- b. V aliran = 0.6 m/s
- c. Diameter pipa = 0.5 m
- d. Debit Puncak ( $Q_p$ ) = 0.024 m<sup>3</sup>/detik
- e. Jumlah celah = 50 buah
- f. Lebar jarak screen = 25 mm
- g. Lebar batang screen = 4 mm
- h. Kedalaman air dalam pipa  
= 80% 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  
= Jumlah celah + 1  
= 50 + 1  
= 51 buah
- e. Lebar chamber  
=  $l_{\text{area bersih screen}} + (l_{\text{batang screen}} \times \text{jumlah batang})$

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

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

f. Koefisien efisiensi

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

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

$$= 4,22$$

g. Kedalaman air ( $d_2$ ) sebelum screening

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

$$Z_1 + d_1 + \frac{v^2}{2g} = Z_2 + d_2 + \frac{V^2}{2g} + Ke \left( \frac{v^2}{2g} - \frac{V^2}{2g} \right)$$

$$0 + 0,4 + \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} = 0 + d_2 + \frac{\left( \frac{0,024}{0,302 \times d_2} \right)^2}{2 \times 9,81} + \left( 0,3 \left( \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} - \frac{\left( \frac{0,024}{0,302 \times d_2} \right)^2}{2 \times 9,81} \right) \right)$$

$$0,42 = d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + 0,3 \left( \frac{0,360}{19,62} - \frac{0,0006}{1,76 d_2^2} \right)$$

$$0,42 = d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + 0,3 \left( \frac{0,03 d_2^2 - 0,0006}{1,79 d_2^2} \right)$$

$$0,42 = d_2 + \frac{0,0006}{1,79 d_2^2} + \frac{0,0099 d_2^2}{1,79 d_2^2} - \frac{0,0002}{1,79 d_2^2}$$

$$0,42 = \frac{1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 + 0,0004}{1,79 d_2^2}$$

$$0,75 d_2^2 = 1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 + 0,0004$$

$$0 = 1,79 d_2^3 + 0,0099 d_2^2 - 0,75 d_2^2 + 0,0004$$

$$0 = 1,79 d_2^3 - 0,7388 d_2^2 + 0,0004$$

$$d_2 = 0,41 \text{ m (trial and error)}$$

h. Kecepatan aliran ( $V_2$ ) sebelum screening

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

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

$$\begin{aligned}
 Z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{2g} &= Z_3 + d_3 + \frac{V_3^2}{2g} + hL \\
 0 + 0,41 + \frac{0,19^2}{2 \times 9,81} &= 0 + d_3 + \frac{\left(\frac{0,024}{0,302 \times d_3}\right)^2}{2 \times 9,81} + 0,02 \\
 0,41 &= d_3 + \frac{0,0006}{1,79 d_3^2} + 0,02 \\
 0,41 &= \frac{1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2}{1,79 d_3^2} \\
 0,74 d_3^2 &= 1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2 \\
 0 &= 1,79 d_3^3 + 0,0006 + 0,04 d_3^2 - 0,74 d_3^2 \\
 0 &= 1,79 d_3^3 - 0,70 d_3^2 + 0,0006 \\
 d_3 &= 0,39 \text{ m (trial and error)}
 \end{aligned}$$

l. Kecepatan aliran ( $V_3$ ) setelah screening

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

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

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

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

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

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

- Menghitung  $d_2'^2$

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

$$d_2' + \frac{\left(\frac{0,08}{d_2'}\right)^2}{2 \times 9,81} = 0,39 + \frac{0,20^2}{2 \times 9,81} + \frac{0,0013}{d_2'^2}$$

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

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

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

o. Headloss 50% clogging

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

## B. Bak Ekualisasi

Berikut ini merupakan detail perhitungan unit *Equalization Tank*:

### Data Perencanaan:

- Kedalaman = 1.5 m
- Ambang batas = 1 m
- Waktu detensi = 1 jam

### Perhitungan: (Nanga, 2017)

- Debit rata-rata = 27.80 m<sup>3</sup>/jam
- Waktu tinggal = 1 jam
- Volume bak  
= Debit puncak x waktu tinggal  
= 27.80 m<sup>3</sup>/jam x 1 jam  
= 27.80 m<sup>3</sup>
- Kedalaman bak = 1.5 m
- Luas permukaan

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{volume bak}}{\text{kedalaman bak}} \\
&= \frac{27.80 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}} \\
&= 18.53 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

- Dimensi bak = P:L = 1:1

Panjang

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

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

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

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

g. Volume digunakan

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

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

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

h. Head statis = 2 m

i. A pipa

$$= \frac{Q_{peak}}{\text{Kecepatan (V)}} \\ = \frac{0.0234 \text{ m}^3/\text{detik}}{1 \text{ m}/\text{detik}}$$

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

j. Diameter pipa

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

$$= 0.1 \text{ m}$$

k. Hf Mayor

Hf discharge

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

$$= 1.32 \text{ m}$$

l. Hf Minor

- n: 1

- k: 0.25

m. Hf (akibat belokan 90)

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

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

$$= 0.013 \text{ m}$$

n. Hf kecepatan

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

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

$$= 0.051 \text{ m}$$

o. H sisa tekan = 0.5 (asumsi)

p. Head total

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

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

$$= 3.89 \text{ m}$$

q.  $y : 9.8$

r.  $\eta : 0.75$

s. Perhitungan daya pompa

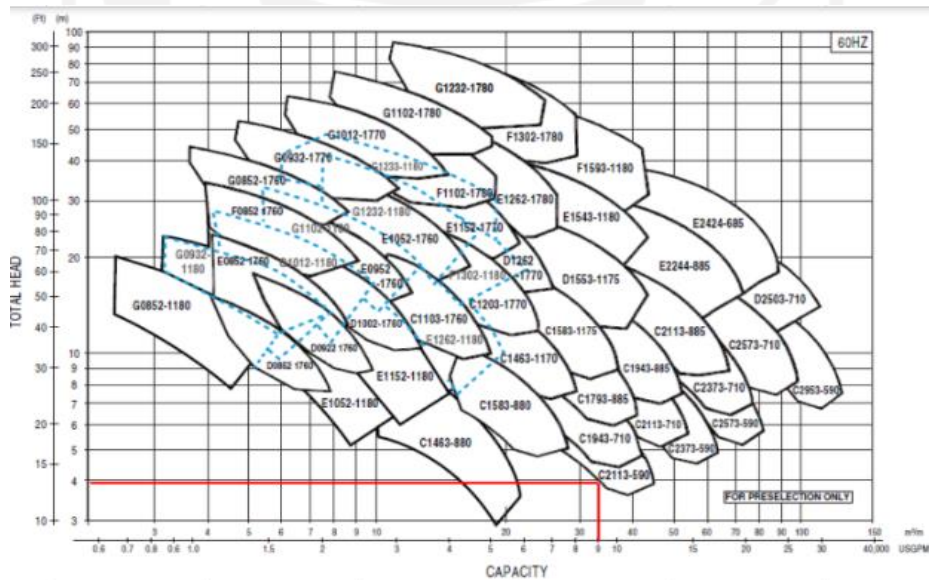
$$= \frac{H \text{ total} \times y \times Q \text{ peak}}{\eta}$$

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

$$= 1.184 \text{ kW}$$

t. Spesifikasi pompa

C1463-880



Gambar II. 1 Spesifikasi Pompa pada Unit *Equalization Tank*

### C. Lumpur Aktif

Berikut ini merupakan detail perhitungan pada unit *Activated Sludge*:

#### Data Perencanaan:

a. Jumlah unit = 1 buah

b. Debit = 0.024 m<sup>3</sup>/s



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

c. Debit tiap bak

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

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

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

d. Kedalaman = 3 m

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

f.  $K_s$  = 50 mg BOD/l

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

h.  $K_d$  = 0.05 /hari

i. MLSS (X) = 2500 mg/L

$$= 2.5 \text{ kg/L}$$

j. Rasio P:L = 1:1

k. BOD Soluble influent = 57.5 mg/L

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

m. Fraksi VSS/TSS (G) = 0.85

n. Konsentrasi TSS pada effluent = 26 mg/L

o. BOD effluent *suspended solid*

$$= 1.42 \times f \times G \times \text{TSS effluent}$$

$$= 1.42 \times 0.7 \times 0.85 \times 26 \text{ mg/L}$$

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

p. BOD effluent

$$= \text{BOD soluble influent} - \text{BOD effluent } \textit{suspended solid}$$

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

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

**Perhitungan:** (Qasim, 2018 dan Buku B SPALD-T, 2018)

a.  $Y_{obs}$

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

$$= \frac{0.8 \text{ kg} \frac{\text{VSS}}{\text{kg}} \text{BOD}_5}{1+(\frac{0.025}{\text{hari}} \times 10 \text{ hari})}$$

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

b.  $P_x$

$$\begin{aligned} &= Y_{obs} \times \text{Debit} \times (\text{BOD influen} - \text{BOD effluent}) \times 0.001 \\ &= 0.71 \text{ VSS/mg BOD} \times 2037.26 \text{ m}^3/\text{s} \times (128 \text{ mg/L} - 35.533 \text{ mg/L}) \times 0.001 \\ &= 133.96 \text{ kg VSS/hari} \end{aligned}$$

c. Total produksi TSS ( $P_{xss}$ )

$$\begin{aligned} &= \frac{P_x}{0.8} \\ &= \frac{133.96 \text{ kg VSS/hari}}{0.8} \\ &= 167.45 \text{ kg TSS/hari} \end{aligned}$$

d. MLVSS

$$\begin{aligned} &= 0.81 \times \text{MLSS} \\ &= 0.81 \times 2500 \text{ mg/L} \\ &= 2000 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

e. HRT

$$\begin{aligned} &= \left( \frac{P_x}{Q \times \text{MLVSS} \times 0.001} \right) \times \theta_c \times 24 \\ &= \left( \frac{133.96 \text{ kg VSS/hari}}{2037.26 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 2000 \text{ mg/L} \times 0.001} \right) \times 10 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \\ &= 3.95 \text{ jam} \approx 4.00 \text{ jam} \end{aligned}$$

f. Volume

$$\begin{aligned} &= Q \times \frac{\text{HRT}}{24} \\ &= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{4 \text{ jam}}{24} \\ &= 339.54 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

g. Lebar

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{\text{Volume}}{\text{Kedalaman}}} \\ &= \sqrt{\frac{339.54 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}} \\ &= 10.64 \text{ m} \end{aligned}$$

h. Panjang

$$\begin{aligned} &= \text{Lebar} \times \text{Rasio Panjang} \\ &= 10.64 \text{ m} \times 1 \\ &= 10.64 \text{ m} \end{aligned}$$

- i.  $X_e$   
 $= 0.8 \times \text{TSS effluent}$   
 $= 0.8 \times 26 \text{ mg/L}$   
 $= 20.8$
- j. Kehilangan TSS pada effluent  
 $= (Q \times \text{TSS effluent}) \times 0.001$   
 $= (2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 26 \text{ mg/L}) \times 0.01$   
 $= 52.97 \text{ kg TSS/hari}$
- k. Kehilangan VSS pada effluent  
 $= (\text{TSS effluent} \times X_e) \times 0.001$   
 $= (26 \text{ mg/L} \times 20.8) \times 0.001$   
 $= 42.38 \text{ kg VSS/hari}$
- l. TSS in WAS  
 $= P_{xss} - \text{Kehilangan TSS pada effluent}$   
 $= 167.45 \text{ kg TSS/hari} - 52.97 \text{ kg TSS/hari}$   
 $= 114.48 \text{ kg TSS/hari}$
- m. VSS in WAS  
 $= P_x - \text{Kehilangan VSS pada effluent}$   
 $= 133.96 \text{ kg VSS/hari} - 42.38 \text{ kg VSS/hari}$   
 $= 91.58 \text{ kg VSS/hari}$
- n. TSS ras  $= 10000$
- o. Q WAS  
 $= \frac{\text{TSS in WAS}}{\text{TSS ras} \times 0.001}$   
 $= \frac{114.48 \text{ kg TSS/hari}}{10000 \times 0.001}$   
 $= 11.45 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 11 \text{ m}^3/\text{hari}$
- p. Konsentrasi VSS pada RAS ( $X_r$ )  
 $= 0.8 \times \text{TSS RAS}$   
 $= 0.8 \times 10000$   
 $= 8000 \text{ VSS/l}$
- q. Q RAS  
 $= \left( \frac{MLVSS}{X_r - MLVSS} \right) \times Q$

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

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

r. Rasio RAS

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

$$= \frac{2500}{10000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 2500}$$

$$= 0.33$$

s. F/M

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

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

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

t. Mass organic loading (MOL)

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

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

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

u. Volumetric organic loading (VOL)

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

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

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

v. Kebutuhan oksigen ( $O_2$ )

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

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

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

w. %SND

$$= \left| 1 - \frac{NO_3 \text{ produced}}{NO_4 \text{ oxidised}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| 1 - \frac{26.15}{19.5 - 0.35} \right| \times 100\%$$

$$= 36.55\%$$

#### D. BNR-UCT

##### - Bak Anaerobik

##### Data Perencanaan:

- Jumlah bak anaerobic = 1 Buah
- HRT yang digunakan ( $\theta$ ) = 1 Jam
- Kedalaman (h) = 3 m

##### Penyelesaian: (James E. Huff & Darryl Carstensen, 2015)

- Volume bak (V)  
$$= \frac{\text{HRT yang digunakan} \times \text{Debit puncak}}{24}$$
$$= \frac{1 \text{ Jam} \times 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}}{24}$$
$$= 84.89 \text{ m}^3$$
- Volume tiap reaktor ( $V_r$ )  
$$= \frac{\text{Volume bak}}{\text{Jumlah bak}}$$
$$= \frac{84.89 \text{ m}^3}{1}$$
$$= 84.89 \text{ m}^3$$
- Luas permukaan  
$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Kedalaman}}$$
$$= \frac{84.89 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$
$$= 28.3 \text{ m}^2$$
- Rasio Panjang : Lebar = 1:1
- Panjang  
$$= \sqrt{\frac{\text{Volume tiap reaktor } (V_r)}{\text{Kedalaman } (h)}}$$
$$= \sqrt{\frac{84.89 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}} = 5.32 \text{ m}$$
- Lebar = 5.32 m
- Volume total ( $V_{\text{tot}}$ )  
$$= P \times L \times h$$
$$= 5.32 \text{ m} \times 5.32 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$
$$= 84.89 \text{ m}^3$$
- HRT anaerobic

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

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

$$= 1 \text{ jam}$$

- IMLR anaerobik:Q = 4
- IMLR anaerobic
  - = IMLR anaerobic:Q x Q
  - = 4 x 2037.26 m<sup>3</sup>/hari
  - = 8149.05 m<sup>3</sup>/hari
- sCOD prim,load
  - = COD influent x 0.26
  - = 250 mg/L x 0.26
  - = 65 mg/hari
- sCOD load = 65 mg/hari
- sCOD/P factor = 10 mg
- P-sCOD-limit
  - =  $\frac{sCOD \text{ load}}{\frac{sCOD}{P} \text{ faktor}}$
  - =  $\frac{65 \text{ mg/hari}}{10 \text{ mg}}$
  - = 7 mg P/hari
- P/VSS-hetero = 0.015 mg P/mg
- P-hetero
  - = Px, VSS, hetero x P/VSS hetero
  - = 138122503 x 0.015 mg P/mg
  - = 2071838 mg P/hari
- P removal-potential
  - = P-sCOD-limit + P-hetero
  - = 7 mg P/hari + 2071838 mg P/hari
  - = 2071844 mg P/hari
- P inf,load = 2989425 mg/hari
- Pinf = 12 mg/L
- Peff,load
  - = P inf,load – P removal-potential

$$= 2989425 \text{ mg/hari} - 2071844 \text{ mg P/hari}$$

$$= 917581 \text{ mg/hari}$$

- Peff

$$= \frac{P_{eff,load}}{IMLR \text{ anaerobik} \times 1000}$$

$$= \frac{917581 \text{ mg/hari}}{8149.05 \frac{m^3}{hari} \times 1000}$$

$$= 0.1126 \text{ mg/L}$$

- Daya pengaduk (P)

$$= \left( 0.00094 \times 1.0087^{0.3} \times \left( \frac{MLSS}{0.85} \right)^{0.298} \right) \times \text{Volume total}$$

$$= \left( 0.00094 \times 1.0087^{0.3} \times \left( \frac{3000}{0.85} \right)^{0.298} \right) \times 84.89 \text{ m}^3$$

$$= 0.913 \text{ kW}$$

### **Oxygen dan Alkalinity Credit**

- sCOD:NO<sub>3</sub>-N faktor = 4
- sCOD demand, NO<sub>3</sub>-N,load
  - = sCOD:NO<sub>3</sub>-N factor x NO<sub>3</sub>-N anokisk,load
  - = 4 x 187882970.312 mg/hari
  - = 751531881 mg
- sCOD demand,P, 1 mg/L
  - = (P<sub>inf</sub> - 1) x (Q x 1000) x sCOD/P factor
  - = (12-1) (2037.26 m<sup>3</sup>/hari x 1000) x 10 mg
  - = 224098807 mg/hari
- sCOD demand,P, 0.5 mg/L
  - = (P<sub>inf</sub> - 0.5) x (Q x 1000) x sCOD/P factor
  - = (12-0.5) (2037.26 m<sup>3</sup>/hari x 1000) x 10 mg
  - = 234285117 mg/hari
- sCOD demand, 1mgP/l, total
  - = sCOD demand, NO<sub>3</sub>-N,load + sCOD demand,P, 1 mg/L
  - = 751531881 mg + 224098807 mg/hari
  - = 975630688 mg/hari
- sCOD demand, 0.5mgP/l, total
  - = sCOD demand, NO<sub>3</sub>-N,load + sCOD demand,P, 0.5 mg/L

$$= 751531881 \text{ mg} + 234285117 \text{ mg/hari}$$

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

- sCOD prim,load = 65 mg/hari
- sCOD supp-load 1 mgP/l, total
  - = sCOD demand, 1mgP/l, total - sCOD prim,load
  - = 975630688 mg/hari – 65 mg/hari
  - = 975630623 mg/hari
- sCOD supp-load 0.5 mgP/l, total
  - = sCOD demand, 0.5mgP/l, total - sCOD prim,load
  - = 985816998 mg/hari – 65 mg/hari
  - = 985816933 mg/hari
- sCOD supp-conc, 1 mgP/l, total
  - $$= \frac{sCOD \text{ supp-load, } 1 \frac{mgP}{L}, total}{Q \times 1000}$$
  - $$= \frac{975630623 \text{ mg/hari}}{2037.26 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 1000}$$
  - = 479 mg/L
- sCOD supp-conc, 0.5 mgP/l, total
  - $$= \frac{sCOD \text{ supp-load, } 0.5 \frac{mgP}{L}, total}{Q \times 1000}$$
  - $$= \frac{985816933 \text{ mg/hari}}{2037.26 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 1000}$$
  - = 484 mg/L

- **Bak Anoksik**

**Data Perencanaan:**

- Suhu = 20°C
- Kedalaman (h) = 3 m
- Jumlah bak = 1 buah

**Penyelesaian:**

- HRT Rancangan = 3 Jam
- Volume
  - $$= \frac{Q \times HRT \text{ Rancangan}}{24}$$
  - $$= \frac{2037.26 \frac{m^3}{hari} \times 3 \text{ hari}}{24}$$



$$= 254.66 \text{ m}^3$$

- Luas permukaan

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

$$= \frac{254.66 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$= 84.89 \text{ m}^2$$

- Rasio Panjang:Lebar = 1:1

- Panjang

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

$$= \sqrt{84.89 \text{ m}^2}$$

$$= 9.21 \text{ m}$$

- Lebar

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

$$= 9.21 \text{ m} \times 1$$

$$= 9.21 \text{ m}$$

- HRT bak anoksik

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

$$= \frac{254.66 \text{ m}^3}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24$$

$$= 3 \text{ Jam}$$

- SRT anoksik

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

$$= \frac{254.66 \text{ m}^3}{679.09 \text{ m}^3} \times 14 \text{ jam}$$

$$= 5.3 \text{ hari}$$

- Q ano

$$= \frac{\text{Volume}}{\frac{\text{HRT Rancangan}}{24}}$$

$$= \frac{254.66 \text{ m}^3}{\frac{3 \text{ hari}}{24}}$$

$$= 3.537 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Q anoksik total

$$= Q + Q \text{ RAS} + \text{IMLR nitrat}$$

$$= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} + 7169.84 \text{ m}^3/\text{hari} + 14936.89 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 24143.99 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- V anoksik (velocity)

$$= \frac{Q \text{ anoksik}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$= \frac{24143.99 \text{ m}^3/\text{hari}}{84.89 \text{ m}^3}$$

$$= 284.429 \text{ m/detik}$$

- $\text{NO}_3\text{-N}$  effluent = 6 mg/L
- $\text{NO}_3\text{-N}$  oksik = 10.9 mg/L

- IMLR nitrat:Q

$$= \frac{\text{NO}_3\text{-N oksik}}{\text{NO}_3\text{-N effluent} - 1 - \text{RAS:Q}}$$

$$= \frac{6 \text{ mg/L}}{10.9 \text{ mg/L} - 1 - 3.52}$$

$$= 7.33$$

- IMLR nitrat

$$= Q \times \text{IMLR nitrat:Q}$$

$$= 2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7.33$$

$$= 14936.89 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- $\text{NO}_3\text{-N}$  anoksik,load

$$= (Q \text{ RAS} + Q \text{ anoksik}) \times 1000 \times \text{NO}_3\text{-N effluent}$$

$$= (7169.84 \text{ m}^3/\text{hari} + 24143.99 \text{ m}^3/\text{hari}) \times 1000 \times 6 \text{ mg/L}$$

$$= 187882970.312 \text{ mg/hari}$$

- F/M b

$$= \frac{Q \times 1000 \times \text{cBOD influent}}{V \times 1000 \times X_e}$$

$$= \frac{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000 \times 128 \text{ mg/L}}{254.66 \text{ m}^3 \times 1000 \times 2848 \text{ mg/L}}$$

$$= 0.4 \text{ mg cBOD/mg}$$

- sCOD:COD = 0.19
- SDNR b = 0.19 mg  $\text{NO}_3\text{-N}$ /mg
- $\theta\text{-K n}$  = 1.026 mg  $\text{NO}_3\text{-N}$ /mg

- SDNR T

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

$$= 0.19 \text{ mg } \text{NO}_3\text{-N}/\text{mg} \times 1.026 \text{ mg } \text{NO}_3\text{-N}/\text{mg}$$

$$= 0.195 \text{ mg } \text{NO}_3\text{-N}/\text{mg}$$

- SDN adjust  
 $= 1 - F/M b - 0.0078$   
 $= 1 - 0.4 \text{ mg cBOD/mg} - 0.0078$   
 $= 0.63 \text{ mg NO}_3\text{-N/mg}$
- NO r  
 $= \text{Volume} \times 1000 \times \text{SDN adjust} \times X_e$   
 $= 254.66 \text{ m}^3 \times 1000 \times 0.63 \text{ mg NO}_3\text{-N/mg} \times 2848 \text{ mg/L}$   
 $= 458729215.748 \text{ mg NO}_3\text{-N/mg}$
- NO r  
 $= \text{NO r} - \text{NO}_3\text{-N anoksik,load}$   
 $= 458729215.748 \text{ mg NO}_3\text{-N/mg} - 187882970.312 \text{ mg/hari}$   
 $= 270846245.436 \text{ mg NO}_3\text{-N/hari}$

#### **Oxygen dan Alkalinity Credit**

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

$$= \frac{\text{NO}_3\text{-N anoksik,load} \times \text{Oxygen credit faktor}}{24}$$

$$= \frac{187882970.312 \frac{\text{mg}}{\text{hari}} \times 2.86 \frac{\text{mg O}_2}{\text{mg NO}_3\text{-N}}}{24}$$

$$= 22389387 \text{ mg/jam}$$
- Alkalinity credit faktor = 3.57 mg CaCO<sub>3</sub>/mg NO<sub>3</sub>-N
- Alk anoksik  
 $= (\text{NO}_3\text{-N oksik} - \text{NO}_3\text{-N effluent}) \times \text{Alkalinity credit faktor}$   
 $= (10.9 \text{ mg/L} - 6 \text{ mg/L}) \times 3.57 \text{ mg CaCO}_3\text{/mg NO}_3\text{-N}$   
 $= 17.34 \text{ mg/L}$

#### - **Bak Aerobik**

##### **Data Perencanaan:**

- $\mu_m$  = 3 g VSS/g VSS.hari
- K<sub>s</sub> = 5 g bCOD/m<sup>3</sup>
- K<sub>d</sub> = 0.06 g VSS/g VSS.hari
- $\theta - \mu_m$  = 1.03
- $\theta - k_s$  = 1.00
- $\theta - k_d$  = 1.03

- Suhu = 20°C
- Kedalaman = 3 m

**Penyelesaian:**

- HRT Rancangan = 4 jam

- Volume

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Q}{\text{HRT Rancangan}} \times 24 \\
 &= \frac{2037.26 \text{ m}^3}{4 \text{ hari}} \times 24 \\
 &= 339.54 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Luas permukaan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume}}{\text{Kedalaman}} \\
 &= \frac{339.54 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} \\
 &= 113.18 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Rasio Panjang:Lebar = 1:1

- Panjang

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\text{Luas permukaan}} \\
 &= \sqrt{113.18 \text{ m}^2} \\
 &= 10.64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Lebar

$$\begin{aligned}
 &= \text{Panjang} \times \text{Rasio Lebar} \\
 &= 10.64 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\
 &= 10.64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- HRT aerobic

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume}}{Q} \times 24 \\
 &= \frac{339.54 \text{ m}^3}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \\
 &= 4 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- SRT aerobic

$$\begin{aligned}
 &= \text{SRT total} \times \frac{\text{Volume}}{\text{Volume total}} \\
 &= 14 \text{ hari} \times \frac{339.54 \text{ m}^3/\text{hari}}{679.09 \text{ m}^3} \\
 &= 7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- SRT nitrifikasi = 4.67 hari
- F/M
 
$$= \frac{Q \times (\text{BOD influent} - \text{BOD effluent})}{\text{Lebar} \times \text{MLSS}}$$

$$= \frac{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times (128 \text{ mg/L} - 36 \text{ mg/L})}{10.64 \text{ m} \times 3 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 184 \text{ kg BOD/kg MLSS/hari}$$

### Heterotrophic Kinematic Parameters dan Design

- $\mu_m$  = 3 gr VSS/gr VSS/hari
- $K_s$  = 5 g bCOD/m<sup>3</sup>
- $K_d$  = 0.06 gr VSS/gr VSS/hari
- $Y$  = 0.50 g VSS/g bCOD
- $\theta - \mu_m$  = 1.03
- $\theta - k_s$  = 1
- $\theta - k_d$  = 1.03
- $f_d$  = 0.2
- $cBOD \text{ effluent}$  = 30 mg/L
- $cBOD \text{ influent}$  = 128 mg/L
- $bCOD \text{ effluent}$  = 100 mg/L
- $bCOD \text{ influent}$  = 250 mg/L
- $bCOD \text{ effluent.calc}$

$$= \frac{K_s \times (1 + (k_d \times \text{SRT oksik, design}))}{\text{SRT oksik, design} \times (\mu_m - k_d) - 1}$$

$$= \frac{5 \text{ g bBOD/m}^3 \times (1 + (0.06 \text{ gr} \frac{\text{VSS}}{\text{gr}} \text{VSS/hari} \times 4.67))}{4.67 \times \left( 3 \frac{\text{gr} \frac{\text{VSS}}{\text{gr}} \text{VSS}}{\text{hari}} - 0.06 \frac{\text{gr} \frac{\text{VSS}}{\text{gr}} \text{VSS}}{\text{hari}} \right) - 1}$$

$$= 0.5 \text{ mg/L}$$

- $P_x$ , VSS, hetero
 
$$= \frac{(Q \times 1000) \times Y \times (bCOD \text{ influent} - bCOD \text{ effluent.calc})}{1 + (k_d \times \text{SRT total})}$$

$$= \frac{(2037.26 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 1000) \times 0.50 \frac{\text{g} \frac{\text{VSS}}{\text{g}}}{\text{g}} bCOD \times (128 \text{ mg} - 0.5 \text{ mg/L})}{1 + (0.06 \text{ g VSS/g VSS/hari} \times 14)}$$

$$= 138122503 \text{ mg VSS/hari}$$
- $P_x$ , VSS, debris

$$= \frac{f d \times k d \times (Q \times 1000) \times Y \times (bCOD \text{ influent} - bCOD \text{ effluent})}{1 + (k d \times SRT \text{ total})}$$

$$= \frac{0.2 \times 0.06 \frac{g \text{ VSS}}{g} \times (2037.26 \frac{m^3}{\text{hari}} \times 1000) \times 0.50 \frac{g \text{ VSS}}{g} \times (128 \text{ mg} - 0.5 \text{ mg/L})}{1 + (0.06 \text{ g VSS/g VSS/hari} \times 14)}$$

$$= 23204580 \text{ mg VSS/hari}$$

- nbVSS influent
 
$$= \frac{\text{nondegradable particulate COD}}{\text{particulate COD}} \times \text{Volatile solids}$$

$$= \frac{27.12 \text{ mg/L}}{150 \text{ mg/L}} \times 98.7 \text{ mg/L}$$

$$= 17.84 \text{ mg/L}$$
- iTSS influent
 
$$= \text{TSS influent} - \text{Volatile solids}$$

$$= 141 \text{ mg/L} - 98.7 \text{ mg/L}$$

$$= 42.3 \text{ mg/L}$$
- Px,nb VSS
 
$$= (Q \times 1000) \times \text{nbVSS influent}$$

$$= (2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000) \times 17.84 \text{ mg/L}$$

$$= 36354857 \text{ mg VSS/hari}$$
- Px,iTSS
 
$$= (Q \times 1000) \times \text{iVSS influent}$$

$$= (2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000) \times 42.3 \text{ mg/L}$$

$$= 86176178 \text{ mg TSS/hari}$$

### **Nitrifier Kinetic Parameters dan Design**

- $\mu_{mn}$  = 0.75 mg VSS/mg VSS/hari
- $K_n$  = 0.74 mg NH<sub>4</sub>-N/l
- $K_{,dn}$  = 0.08 mg VSS/mg VSS/hari
- $Y_n$  = 0.12 mg VSS/mg NH<sub>3</sub>-N
- $\theta - \mu_{mn}$  = 1.07
- $\theta - k_n$  = 1.053
- $\theta - k_{,dn}$  = 1.04
- NH<sub>3</sub>-N effluent = 10 mg/L
- TKN influent
 
$$= \frac{\text{Ammoniak}}{0.6}$$

$$= \frac{19.5 \text{ mg/L}}{0.6}$$

$$= 32.5 \text{ mg/L}$$

- NO<sub>3</sub>-N assumed

$$= 60\% \times \text{TKN influent}$$

$$= 60\% \times 32.5 \text{ mg/L}$$

$$= 20 \text{ mg/L}$$

- Ko = 0.5 mg/L

- DO = 1 mg/L

- $\mu_n$

$$= \frac{\mu_{mn} \times \text{NH}^3\text{-N effluent}}{K_n \times \text{NH}^3\text{-N effluent}} \times \frac{\text{DO}}{K_o + \text{DO}} - k, \text{ dn}$$

$$= \frac{0.75 \frac{\text{mg VSS}}{\text{mg}} \frac{\text{VSS}}{\text{hari}} \times \frac{10 \text{ mg}}{\text{L}}}{0.74 \text{ mg/NH}_4\text{-N/l} \times 10 \text{ mg/L}} \times \frac{1 \text{ mg/L}}{0.5 \text{ mg/L} + 1 \text{ mg/L}} - 0.08 \text{ mg VSS/mg VSS/hari}$$

$$= 0.386 \text{ mg VSS/mg VSS/hari}$$

- SRT oksik, theoretical

$$= \frac{1}{\mu_n}$$

$$= \frac{1}{0.386 \text{ mg VSS/mg VSS/hari}}$$

$$= 2.59 \text{ hari}$$

- FS nitrification = 1.8

- SRT oksik, design

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

$$= 1.8 \times 2.59 \text{ hari}$$

$$= 4.67$$

- Px, VSS, n

$$= \frac{Q \times Y_n \times \text{NO}^3\text{-N effluent}}{1 + (k_{dn} \times \text{SRT total})}$$

$$= \frac{2037.26 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{0.12 \text{ mg VSS}}{\text{mg}} \frac{\text{VSS}}{\text{hari}} \times 10 \text{ mg/L}}{1 + (0.08 \frac{\text{mg VSS}}{\text{mg}} \frac{\text{VSS}}{\text{hari}} \times 14 \text{ hari})}$$

$$= 2248.68 \text{ mg VSS/hari}$$

### **Oxygen dan Alkalinity Consumption by Nitrification**

- Ro = 1 mg/jam

- $\text{NO}_3\text{-N}$  oksik
 
$$= \text{TKN influent} - \text{NH}_3\text{-N effluent} - \frac{0.12 \times Px, VSS}{Q \times 1000}$$

$$= 32.5 \text{ mg/L} - 10 \text{ mg/L} - \frac{0.12 \times 197684189 \text{ mg/hari}}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000}$$

$$= 10.9 \text{ mg/L}$$
- $\text{NO}_3\text{-N}$  oksik, mass
 
$$= (Q \times 1000) \times \text{NO}_3\text{-N oksik}$$

$$= (2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000) \times 10.9 \text{ mg/L}$$

$$= 2211629 \text{ mg/hari}$$
- $(\text{CaCO}_3:\text{NH}_3\text{-N})$  faktor = 7.07 mg  $\text{CaCO}_3$ /mg  $\text{NH}_3\text{-N}$
- Alk USED
 
$$= \frac{\text{NO}_3\text{-N oksik, mass}}{(\text{CaCO}_3:\text{NH}_3\text{-N}) \text{ faktor}}$$

$$= \frac{2211629 \text{ mg/hari}}{7.07 \text{ mg} \frac{\text{CaCO}_3}{\text{mg}} \text{NH}_3\text{-N}}$$

$$= 3128188.08 \text{ mg/L}$$
- Kebutuhan oksigen ( $\text{O}_2$ )
 
$$= \frac{Qp \times (\text{BOD Influen} - \text{BOD Effluen}) \times 0.001}{0.68} \times (1.42 \times Px)$$

$$= \frac{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari} \times (128 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 35.53 \frac{\text{mg}}{\text{L}}) \times 0.001}{0.68} \times (1.42 \times 13.81)$$

$$= 257.42 \text{ kg O}_2/\text{hari}$$
- %SND
 
$$= \left| 1 - \frac{\text{NO}_3 \text{ produced}}{\text{NO}_4 \text{ oxidised}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| 1 - \frac{3.06}{19.5 - 0.2} \right| \times 100\%$$

$$= 84.15\%$$

### **Return Activated Sludge**

- TSS ras = 8225 mg/L
- RAS:Q
 
$$= 1 - \frac{\frac{\text{HRT aerobik}}{\text{SRT aerobik} \times 24}}{\frac{\text{TSS ras}}{X \text{ TSS}} - 1}$$

$$= 1 - \frac{\frac{4 \text{ jam}}{7 \text{ hari} \times 24}}{\frac{8225 \text{ mg/L}}{6439 \text{ mg/L}} - 1}$$

$$= 3.52$$
- Q RAS



$$\begin{aligned}
&= Q \times \text{RAS}:Q \\
&= 2037 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3.52 \\
&= 7169 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

- VSS ras
 
$$\begin{aligned}
&= \text{TSS ras} \times 0.85 \\
&= 8225 \text{ mg/L} \times 0.85 \\
&= 6991.25 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$
- X ras
 
$$\begin{aligned}
&= \text{VSS RAS} \times \frac{X_e}{X_{VSS}} \\
&= 6991.25 \text{ mg/L} \times \frac{2848 \text{ mg/L}}{4075 \text{ mg/L}} \\
&= 4885 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

#### **Waste Activated Sludge**

- TSS ras = 8225 mg/L
- Q<sub>was</sub>

$$\begin{aligned}
&= \frac{P_{x,TSS}}{\text{TSS}_{was}} \\
&= \frac{312330249 \text{ mg/hari}}{8225 \text{ mg/L}} \\
&= \frac{312330249}{8225} \\
&= 37.973 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$
- VSS was = 6991.25 mg/L

#### **E. Secondary Clarifier**

Berikut ini merupakan detail perhitungan unit *Secondary clarifier*:

##### **Data Perencanaan:**

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

##### **Perhitungan:** (Buku B SPALD-T, 2018)

- a. Limiting Solid – Loading Rate (SF)

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

b. Luas permukaan bak (A bak)

$$\begin{aligned} &= \frac{Q \times MLSS}{SF} \\ &= \frac{2037.26 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \frac{\text{kg}}{\text{L}}}{100 \text{ kg/m}^2} \\ &= 61.12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Diameter bak (Dbak)

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{A \text{ bak} \times 4}{3.14}} \\ &= \sqrt{\frac{61.12 \text{ m}^2 \times 4}{3.14}} \\ &= 8.824 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Luas bak actual

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times \text{Dbak}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (8.824 \text{ m})^2 \\ &= 61.12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

e. Overflow rate (OR)

$$\begin{aligned} &= \frac{Q}{A_{\text{bak}}} \\ &= \frac{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}}{61.12 \text{ m}^2} \\ &= 33.33 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \end{aligned}$$

f. Volume clarifier

$$\begin{aligned} &= 0.25 \times 3.14 \times (\text{Abak})^2 \times \text{Kedalaman bak} \\ &= 0.25 \times 3.14 \times (61.12 \text{ m}^2)^2 \times 3 \text{ m} \\ &= 213.91 \text{ kg/m}^2.\text{hari} \end{aligned}$$

g. Waktu detensi (dt)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume clarifier}}{Q} \times 24 \text{ jam} \\ &= \frac{213.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}.\text{hari}}{2037.26 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam} \\ &= 2.52 \text{ jam} \end{aligned}$$

## F. Klor

Berikut ini merupakan detail perhitungan pada unit khlor:

**Perhitungan:** (Priyanka, 2012)

a. Debit = 2037.26 m<sup>3</sup>/hari

b. Dosis klor = 2 mg/L

= 0.002 kg/m<sup>3</sup>

c. Kebutuhan klor

= Q<sub>peak</sub> x Dosis klor

= 2037.26 m<sup>3</sup>/hari x 0.002 kg/m<sup>3</sup>

= 4.075 kg/hari

d. Kebutuhan kaporit dalam larutan

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

=  $\frac{4.075 \text{ kg/hari}}{70\%}$

= 5.821 kg/hari

e. Volume bak

= Q<sub>peak</sub> x 0.5

= 84.89 m<sup>3</sup>/jam x 0.5

= 42.44 m<sup>3</sup>

f. Kedalaman total = 3 m

g. Luas permukaan

=  $\frac{\text{Volume bak}}{\text{Kedalaman total}}$

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

= 14.148 m<sup>2</sup>

h. Lebar

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

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

= 2.66 m

i. Panjang

= 2 x Lebar

= 2 x 2.66 m

= 5.32 m

j. Tinggi = 0.5 m

k. Kedalaman bak klorinasi

= Kedalaman total - Tinggi

= 3 m - 0.5 m

= 2.5 m

1. Menghitung ruang kontak pada Qpeak

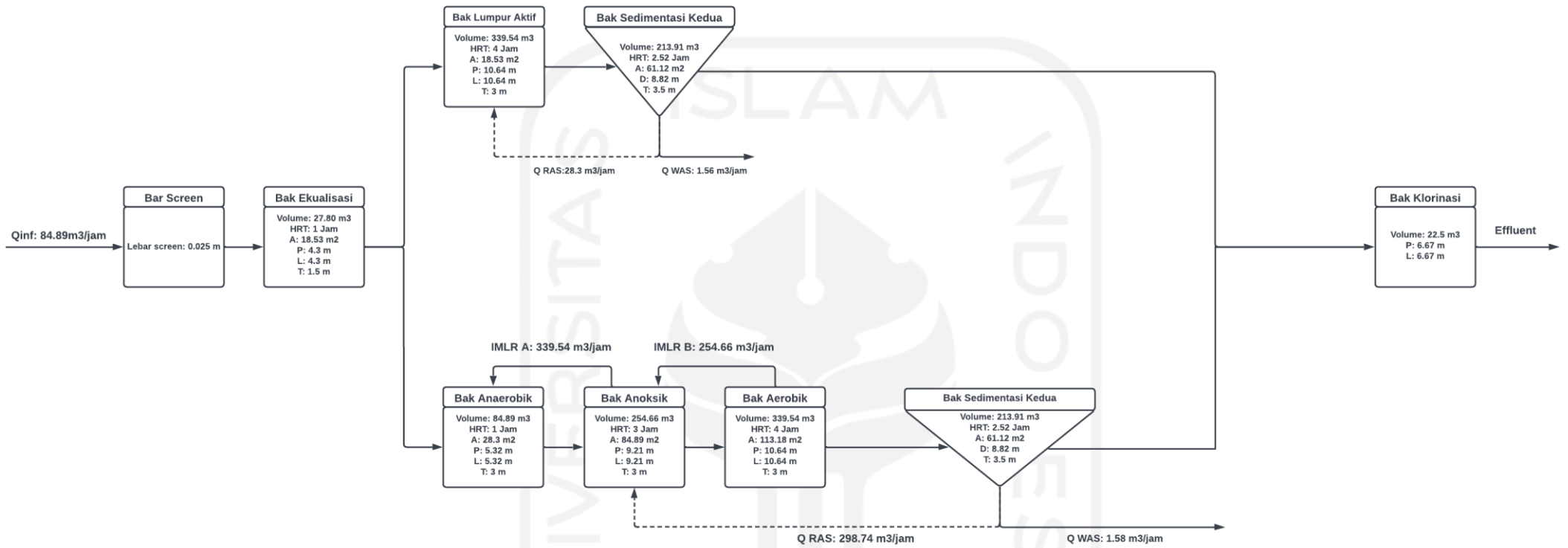
$$= \frac{\text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman bak}}{Q_{\text{peak}}}$$

$$= \frac{5.32 \text{ m} \times 2.66 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}}{84.89 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

= 0.42 Jam.



### G. Perbandingan Hasil Perhitungan Manual



**LAMPIRAN III**  
**PROFIL KONSENTRASI TN DAN TP**

- a. Nilai Konsentrasi Parameter NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, TP dan TN yang terjadi pada Teknologi CAS selama 48 Jam menggunakan Software STOAT 5.0

<b>Elapsed time (h)</b>	<b>NH3 (mg/L)</b>	<b>NO3 (mg/L)</b>	<b>PO4 (mg/L)</b>	<b>TN (mg/L)</b>	<b>TP (mg/L)</b>
<b>0</b>	0.4	26.1	4.3	26.5	4.3
<b>1</b>	18	4.2	4	22.2	4
<b>2</b>	10.1	13.1	4	23.2	4
<b>3</b>	2.1	21.7	4	23.8	4
<b>4</b>	0.2	24.2	4	24.4	4
<b>5</b>	0.2	24.7	4	24.9	4
<b>6</b>	0.2	25	4	25.2	4
<b>7</b>	0.2	25.3	4	25.5	4
<b>8</b>	0.2	25.5	4	25.7	4
<b>9</b>	0.2	25.6	4	25.8	4
<b>10</b>	0.2	25.8	4	26	4
<b>11</b>	0.2	25.9	4	26.1	4
<b>12</b>	0.2	26	4	26.2	4
<b>13</b>	0.2	26	4	26.2	4
<b>14</b>	0.2	26.1	4	26.3	4
<b>15</b>	0.2	26.1	4	26.3	4
<b>16</b>	0.2	26.1	4	26.3	4
<b>17</b>	0.2	26.2	4	26.4	4
<b>18</b>	0.2	26.2	4	26.4	4
<b>19</b>	0.2	26.2	4	26.4	4
<b>20</b>	0.2	26.2	4	26.4	4

<b>Elapsed time (h)</b>	<b>NH3 (mg/L)</b>	<b>NO3 (mg/L)</b>	<b>PO4 (mg/L)</b>	<b>TN (mg/L)</b>	<b>TP (mg/L)</b>
<b>21</b>	0.2	26.2	4	26.4	4
<b>22</b>	0.2	26.2	4	26.4	4
<b>23</b>	0.2	26.2	4	26.4	4
<b>24</b>	0.2	26.2	4	26.4	4
<b>25</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>26</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>27</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>28</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>29</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>30</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>31</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>32</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>33</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>34</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>35</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>36</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>37</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>38</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>39</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>40</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>41</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>42</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>43</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>44</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>45</b>	0.3	26.2	4	26.5	4
<b>46</b>	0.4	26.1	4	26.5	4
<b>47</b>	0.4	26.1	4	26.5	4

B. Detail Hasil Simulasi *effluent* Teknologi CAS Selama 48 Jam Pengolahan Pada Software STOAT

Elapsed time (h)	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Total SS (mg/L)	Total BOD (mg/L)	Total COD (mg/L)	Ammoniak (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	83.38	4.04	55.53	55.53	19.43	6.17	3.96	3.96	25.6
2	83.38	5.92	38.12	38.12	18.87	4.12	3.96	3.96	22.99
3	83.38	7.14	15.91	15.91	15.74	6.86	3.96	3.96	22.59
4	83.38	7.78	6.41	6.41	8.79	14.46	3.96	3.96	23.25
5	83.38	8.65	4.69	4.69	2.74	21.17	3.96	3.96	23.91
6	83.38	9.64	4.66	4.66	0.58	23.86	3.96	3.96	24.44
7	83.38	10.4	4.85	4.85	0.21	24.65	3.96	3.96	24.86
8	83.38	11	5.03	5.03	0.17	25.02	3.96	3.96	25.2
9	83.38	11.56	5.2	5.2	0.18	25.28	3.96	3.96	25.46
10	83.38	12.08	5.35	5.35	0.18	25.49	3.96	3.96	25.67
11	83.38	12.53	5.48	5.48	0.19	25.65	3.96	3.96	25.84
12	83.38	13.36	5.7	5.7	0.19	25.78	3.96	3.96	25.97
13	83.38	14.37	5.98	5.98	0.2	25.89	3.96	3.96	26.08
14	83.38	15.21	6.21	6.21	0.2	25.97	3.96	3.96	26.17
15	83.38	15.95	6.42	6.42	0.2	26.03	3.96	3.96	26.23
16	83.38	16.7	6.63	6.63	0.21	26.08	3.96	3.96	26.29
17	83.38	17.4	6.83	6.83	0.21	26.12	3.96	3.96	26.33
18	83.38	18.06	7.04	7.04	0.22	26.15	3.96	3.96	26.37
19	83.38	18.7	7.25	7.25	0.22	26.17	3.96	3.96	26.39
20	83.38	19.32	7.47	7.47	0.22	26.19	3.96	3.96	26.41
21	83.38	19.92	7.68	7.68	0.23	26.2	3.96	3.96	26.43
22	83.38	20.51	7.89	7.89	0.23	26.21	3.96	3.96	26.45
23	83.38	21.1	8.08	8.08	0.24	26.22	3.96	3.96	26.46
24	83.38	21.67	8.28	8.28	0.24	26.23	3.96	3.96	26.47



<b>Elapsed time (h)</b>	<b>Flow (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Total SS (mg/L)</b>	<b>Total BOD (mg/L)</b>	<b>Total COD (mg/L)</b>	<b>Ammoniak (mg/L)</b>	<b>Nitrate (mg/L)</b>	<b>Phosphate (mg/L)</b>	<b>Total P (mg/L)</b>	<b>Total N (mg/L)</b>
25	83.38	22.24	8.47	8.47	0.24	26.23	3.96	3.96	26.47
26	83.38	22.81	8.67	8.67	0.25	26.23	3.96	3.96	26.48
27	83.38	23.38	8.88	8.88	0.25	26.23	3.96	3.96	26.48
28	83.38	23.99	9.1	9.1	0.26	26.23	3.96	3.96	26.49
29	83.38	24.63	9.33	9.33	0.26	26.23	3.96	3.96	26.49
30	83.38	25.26	9.55	9.55	0.26	26.23	3.96	3.96	26.49
31	83.38	25.89	9.77	9.77	0.27	26.22	3.96	3.96	26.49
32	83.38	26.51	9.99	9.99	0.27	26.22	3.96	3.96	26.49
33	83.38	27.12	10.21	10.21	0.28	26.22	3.96	3.96	26.5
34	83.38	27.72	10.44	10.44	0.28	26.21	3.96	3.96	26.5
35	83.38	28.32	10.66	10.66	0.29	26.21	3.96	3.96	26.5
36	83.38	28.92	10.88	10.88	0.29	26.21	3.96	3.96	26.5
37	83.38	30.5	11.4	11.4	0.3	26.2	3.96	3.96	26.5
38	83.38	32.07	11.92	11.92	0.3	26.2	3.96	3.96	26.5
39	83.38	33.51	12.4	12.4	0.31	26.19	3.96	3.96	26.5
40	83.38	34.82	12.84	12.84	0.31	26.19	3.96	3.96	26.5
41	83.38	36.02	13.26	13.26	0.32	26.18	3.96	3.96	26.5
42	83.38	37.12	13.65	13.65	0.32	26.18	3.96	3.96	26.5
43	83.38	38.14	14.01	14.01	0.33	26.17	3.96	3.96	26.5
44	83.38	39.08	14.35	14.35	0.33	26.17	3.96	3.96	26.5
45	83.38	39.94	14.67	14.67	0.34	26.16	3.96	3.96	26.5
46	83.38	40.74	14.97	14.97	0.34	26.16	3.96	3.96	26.5
47	83.38	41.48	15.25	15.25	0.35	26.15	3.96	3.96	26.5

C. Nilai Mean, Minimum dan Maximum pada Teknologi CAS

	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
<b>Mean</b>	0.9	25.2	4
<b>Minimum</b>	0.2	4.2	4
<b>Maximum</b>	18	26.2	4.3

D. Nilai Konsentrasi Parameter NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, TP dan TN yang terjadi pada Teknologi UCT selama 48 Jam menggunakan Software STOAT 5.0

Elapsed time (h)	Stage	NH <sub>3</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	PO <sub>4</sub> (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
0	1	0.6	26.9	2	27.5	2
0	2	0.1	27.4	2	27.5	2
0	3	0	27.5	2	27.5	2
1	1	19.3	0.2	3.7	19.5	3.7
1	2	19.2	0.1	3.7	19.3	3.7
1	3	18.8	0.9	3.2	19.7	3.2
2	1	18.5	0.3	3.1	18.8	3.1
2	2	18.4	0.2	3	18.6	3
2	3	17	1.9	2.5	18.9	2.5
3	1	16.6	0.5	2.7	17.1	2.7
3	2	16.4	0.4	2.6	16.8	2.6
3	3	13.7	3.8	2.2	17.5	2.2
4	1	13.9	0.8	2.4	14.7	2.4
4	2	13.6	0.7	2.3	14.3	2.3
4	3	9.9	5.3	2.1	15.2	2.1
5	1	10.9	1.1	2.3	12	2.3

<b>Elapsed time (h)</b>	<b>Stage</b>	<b>NH3 (mg/L)</b>	<b>NO3 (mg/L)</b>	<b>PO4 (mg/L)</b>	<b>TN (mg/L)</b>	<b>TP (mg/L)</b>
5	2	10.4	1.1	2.2	11.5	2.2
5	3	6.2	6.3	2.1	12.5	2.1
6	1	7.9	1.4	2.5	9.3	2.5
6	2	7.3	1.5	2.4	8.8	2.4
6	3	2.7	7	2.3	9.7	2.3
7	1	5.3	1.5	2.7	6.8	2.7
7	2	4.5	1.7	2.6	6.2	2.6
7	3	0.4	6.7	2.6	7.1	2.6
8	1	4.1	1.1	2.9	5.2	2.9
8	2	3.2	1.2	2.8	4.4	2.8
8	3	0.2	4.8	2.8	5	2.8
9	1	3.8	0.8	2.9	4.6	2.9
9	2	2.9	0.7	2.8	3.6	2.8
9	3	0.2	3.7	2.7	3.9	2.7
10	1	3.7	0.6	2.8	4.3	2.8
10	2	2.8	0.5	2.7	3.3	2.7
10	3	0.2	3.2	2.5	3.4	2.5
11	1	3.7	0.6	2.6	4.3	2.6
11	2	2.8	0.5	2.6	3.3	2.6
11	3	0.2	3.1	2.4	3.3	2.4
12	1	3.7	0.6	2.5	4.3	2.5
12	2	2.8	0.5	2.4	3.3	2.4
12	3	0.2	3	2.2	3.2	2.2
13	1	3.7	0.6	2.4	4.3	2.4
13	2	2.8	0.5	2.3	3.3	2.3
13	3	0.2	3	2.1	3.2	2.1
14	1	3.7	0.6	2.3	4.3	2.3

<b>Elapsed time (h)</b>	<b>Stage</b>	<b>NH3 (mg/L)</b>	<b>NO3 (mg/L)</b>	<b>PO4 (mg/L)</b>	<b>TN (mg/L)</b>	<b>TP (mg/L)</b>
14	2	2.8	0.4	2.2	3.2	2.2
14	3	0.2	3	1.9	3.2	1.9
15	1	3.7	0.6	2.2	4.3	2.2
15	2	2.8	0.5	2.1	3.3	2.1
15	3	0.2	3	1.8	3.2	1.8
16	1	3.7	0.6	2.1	4.3	2.1
16	2	2.8	0.5	2	3.3	2
16	3	0.2	3	1.7	3.2	1.7
17	1	3.7	0.6	2	4.3	2
17	2	2.8	0.5	1.9	3.3	1.9
17	3	0.2	3	1.7	3.2	1.7
18	1	3.7	0.6	2	4.3	2
18	2	2.8	0.5	1.8	3.3	1.8
18	3	0.2	3	1.6	3.2	1.6
19	1	3.7	0.6	1.9	4.3	1.9
19	2	2.8	0.5	1.8	3.3	1.8
19	3	0.2	3	1.5	3.2	1.5
20	1	3.7	0.6	1.8	4.3	1.8
20	2	2.8	0.5	1.7	3.3	1.7
20	3	0.2	3	1.5	3.2	1.5
21	1	3.7	0.6	1.8	4.3	1.8
21	2	2.8	0.5	1.7	3.3	1.7
21	3	0.2	3	1.4	3.2	1.4
22	1	3.7	0.6	1.8	4.3	1.8
22	2	2.8	0.5	1.6	3.3	1.6
22	3	0.2	3	1.4	3.2	1.4
23	1	3.7	0.6	1.7	4.3	1.7

<b>Elapsed time (h)</b>	<b>Stage</b>	<b>NH3 (mg/L)</b>	<b>NO3 (mg/L)</b>	<b>PO4 (mg/L)</b>	<b>TN (mg/L)</b>	<b>TP (mg/L)</b>
23	2	2.8	0.5	1.6	3.3	1.6
23	3	0.2	3	1.3	3.2	1.3
24	1	3.7	0.6	1.7	4.3	1.7
24	2	2.8	0.5	1.6	3.3	1.6
24	3	0.2	3	1.3	3.2	1.3
25	1	3.7	0.6	1.7	4.3	1.7
25	2	2.8	0.5	1.5	3.3	1.5
25	3	0.2	3	1.3	3.2	1.3
26	1	3.7	0.6	1.7	4.3	1.7
26	2	2.8	0.5	1.5	3.3	1.5
26	3	0.2	3	1.3	3.2	1.3
27	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
27	2	2.8	0.5	1.5	3.3	1.5
27	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
28	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
28	2	2.8	0.5	1.5	3.3	1.5
28	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
29	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
29	2	2.8	0.5	1.5	3.3	1.5
29	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
30	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
30	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
30	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
31	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
31	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
31	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
32	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6

<b>Elapsed time (h)</b>	<b>Stage</b>	<b>NH3 (mg/L)</b>	<b>NO3 (mg/L)</b>	<b>PO4 (mg/L)</b>	<b>TN (mg/L)</b>	<b>TP (mg/L)</b>
32	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
32	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
33	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
33	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
33	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
34	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
34	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
34	3	0.2	3	1.2	3.2	1.2
35	1	3.7	0.6	1.6	4.3	1.6
35	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
35	3	0.2	3	1.1	3.2	1.1
36	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
36	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
36	3	0.2	3	1.1	3.2	1.1
37	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
37	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
37	3	0.2	3	1.1	3.2	1.1
38	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
38	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
38	3	0.2	3	1.1	3.2	1.1
39	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
39	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
39	3	0.2	3	1.1	3.2	1.1
40	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
40	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
40	3	0.2	3	1.1	3.2	1.1
41	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5

Elapsed time (h)	Stage	NH3 (mg/L)	NO3 (mg/L)	PO4 (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
41	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
41	3	0.2	3.1	1.1	3.3	1.1
42	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
42	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
42	3	0.2	3.1	1.1	3.3	1.1
43	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
43	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
43	3	0.2	3.1	1.1	3.3	1.1
44	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
44	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
44	3	0.2	3.1	1.1	3.3	1.1
45	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
45	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
45	3	0.2	3.1	1.1	3.3	1.1
46	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
46	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
46	3	0.2	3.1	1.1	3.3	1.1
47	1	3.7	0.6	1.5	4.3	1.5
47	2	2.8	0.5	1.4	3.3	1.4
47	3	0.2	3.1	1.1	3.3	1.1

الجامعة الإسلامية  
البحرينية

E. Detail Hasil Simulasi effluent Teknologi UCT Selama 48 Jam Pengolahan Pada Software STOAT

<b>Elapsed time (h)</b>	<b>Flow (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Total SS (mg/L)</b>	<b>Total BOD (mg/L)</b>	<b>Total COD (mg/L)</b>	<b>Ammoniak (mg/L)</b>	<b>Nitrate (mg/L)</b>	<b>Phosphate (mg/L)</b>	<b>Total P (mg/L)</b>	<b>Total N (mg/L)</b>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	83.31	4.78	55.16	55.16	19.47	6.35	2.55	2.55	25.82
2	83.31	6.38	36.8	36.8	19.17	3.19	3.29	3.29	22.36
3	83.31	6.88	17.39	17.39	18.13	1.75	2.93	2.93	19.87
4	83.31	6.96	7.46	7.46	15.83	2.65	2.46	2.46	18.48
5	83.31	6.98	3.95	3.95	12.54	4.2	2.2	2.2	16.74
6	83.31	6.99	2.71	2.71	8.85	5.52	2.08	2.08	14.37
7	83.31	7	2.19	2.19	5.21	6.48	2.19	2.19	11.69
8	83.31	7.01	1.94	1.94	2.15	6.85	2.41	2.41	9
9	83.31	7.02	1.88	1.88	0.63	5.94	2.62	2.62	6.57
10	83.31	7.03	2.04	2.04	0.25	4.54	2.73	2.73	4.79
11	83.31	7.04	2.3	2.3	0.19	3.62	2.64	2.64	3.81
12	83.31	7.05	2.54	2.54	0.19	3.22	2.48	2.48	3.4
13	83.31	7.06	2.68	2.68	0.18	3.08	2.32	2.32	3.26
14	83.31	7.07	2.75	2.75	0.18	3.04	2.17	2.17	3.22
15	83.31	7.08	2.78	2.78	0.18	3.02	2.04	2.04	3.21
16	83.31	7.09	2.81	2.81	0.18	3.02	1.92	1.92	3.2
17	83.31	7.1	2.82	2.82	0.18	3.02	1.81	1.81	3.2
18	83.31	7.11	2.84	2.84	0.18	3.02	1.72	1.72	3.2
19	83.31	7.13	2.85	2.85	0.18	3.02	1.64	1.64	3.2
20	83.31	7.14	2.86	2.86	0.18	3.02	1.57	1.57	3.21
21	83.31	7.15	2.87	2.87	0.18	3.02	1.51	1.51	3.21
22	83.31	7.16	2.89	2.89	0.18	3.03	1.46	1.46	3.21
23	83.31	7.17	2.9	2.9	0.18	3.03	1.41	1.41	3.21
24	83.31	7.18	2.91	2.91	0.18	3.03	1.37	1.37	3.21



<b>Elapsed time (h)</b>	<b>Flow (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Total SS (mg/L)</b>	<b>Total BOD (mg/L)</b>	<b>Total COD (mg/L)</b>	<b>Ammoniak (mg/L)</b>	<b>Nitrate (mg/L)</b>	<b>Phosphate (mg/L)</b>	<b>Total P (mg/L)</b>	<b>Total N (mg/L)</b>
25	83.31	7.19	2.92	2.92	0.19	3.03	1.33	1.33	3.21
26	83.31	7.2	2.94	2.94	0.19	3.03	1.3	1.3	3.22
27	83.31	7.21	2.95	2.95	0.19	3.03	1.27	1.27	3.22
28	83.31	7.22	2.96	2.96	0.19	3.03	1.25	1.25	3.22
29	83.31	7.23	2.97	2.97	0.19	3.03	1.23	1.23	3.22
30	83.31	7.24	2.98	2.98	0.19	3.04	1.21	1.21	3.22
31	83.31	7.25	2.99	2.99	0.19	3.04	1.2	1.2	3.22
32	83.31	7.26	3	3	0.19	3.04	1.18	1.18	3.23
33	83.31	7.27	3.02	3.02	0.19	3.04	1.17	1.17	3.23
34	83.31	7.28	3.03	3.03	0.19	3.04	1.16	1.16	3.23
35	83.31	7.29	3.04	3.04	0.19	3.04	1.16	1.16	3.23
36	83.31	7.3	3.05	3.05	0.19	3.04	1.15	1.15	3.23
37	83.31	7.33	3.06	3.06	0.19	3.04	1.14	1.14	3.23
38	83.31	7.39	3.08	3.08	0.19	3.04	1.14	1.14	3.24
39	83.31	7.46	3.11	3.11	0.19	3.05	1.14	1.14	3.24
40	83.31	7.54	3.14	3.14	0.19	3.05	1.14	1.14	3.24
41	83.31	7.63	3.17	3.17	0.19	3.05	1.13	1.13	3.24
42	83.31	7.72	3.2	3.2	0.19	3.05	1.13	1.13	3.24
43	83.31	7.81	3.23	3.23	0.19	3.05	1.13	1.13	3.25
44	83.31	7.91	3.26	3.26	0.2	3.06	1.13	1.13	3.25
45	83.31	8	3.3	3.3	0.2	3.06	1.13	1.13	3.25
46	83.31	8.1	3.33	3.33	0.2	3.06	1.14	1.14	3.26
47	83.31	8.2	3.37	3.37	0.2	3.06	1.14	1.14	3.26

F. Nilai *Mean*, Minimum dan Maximum pada Teknologi UCT

	Stage	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
<b>Mean</b>	1	5	1.2	2
	2	4.2	1.1	1.9
	3	1.6	3.8	1.6
<b>Minimum</b>	1	0.6	0.2	1.5
	2	0.1	0.1	1.4
	3	0	0.9	1.1
<b>Maximum</b>	1	19.3	26.9	3.7
	2	19.2	27.4	3.7
	3	18.8	27.5	3.2