

**TUGAS AKHIR
EVALUASI KINERJA DAN RENCANA PERBAIKAN
INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA (IPLT)
SUMUR BATU, KOTA BEKASI, JAWA BARAT**

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



**MUHAMMAD DICKY FIRDAUS
19513027**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

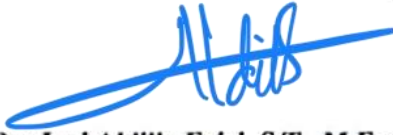
TUGAS AKHIR
EVALUASI KINERJA DAN RENCANA PERBAIKAN
INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA (IPLT)
SUMUR BATU, KOTA BEKASI, JAWA BARAT


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



MUHAMMAD DICKY FIRDAUS
19513027

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.
NIK: 165131306
Tanggal: 22-12-23


Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.
NIK: 025100407
Tanggal: 20-12-23

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng.), Ph.D.
NIK: 045130401
Tanggal: 20-12-2023

**HALAMAN PENGESAHAN
EVALUASI KINERJA DAN RENCANA PERBAIKAN
INSTALASI PENGOLAHAN LUMPUR TINJA (IPLT)
SUMUR BATU, KOTA BEKASI, JAWA BARAT**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Jumat
Tanggal: 22 Desember 2023

Disusun Oleh:

Muhammad Dicky Firdaus
19513027

Tim Penguji :

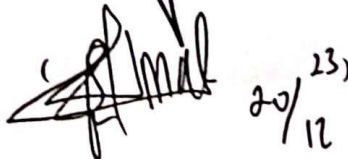
Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

()

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

( 20/12/23)

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

( 20/12/23)

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 tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab 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 September 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Dicky Firdaus

NIM: 19513027

PRAKATA

Assalamualaikum Warrahmatulahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya karena dengan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Kinerja Dan Rencana Perbaikan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Sumur Batu, Kota Bekasi, Jawa Barat”. Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Stara Satu (S1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

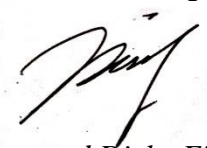
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng. dan Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir. kemudian, ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu penanggung jawab Laboratorium Kualitas Air FTSP UII beserta staff dan laboran yang telah membantu selama pengujian sampel dan juga dalam membantu proses alur pengujian sehingga dapat dimudahkan dan diberikan kelancaran dalam proses penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga dan seluruh teman-teman, atas segala doa dan kasih sayangnnya.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa hasil skripsi ini masih jauh dari kata kesempurnaan. oleh karena itu, penulis berharap adanya masukan kritik maupun saran yang membangun yang dapat membantu demi kemajuan penulis dan kelayakan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat digunakan sebaik mungkin penulis serta seluruh pihak.

Wassalamualaikum Warrahmatulahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 2023

Penulis



Muhammad Dicky Firdaus

ABSTRAK

IPLT Sumur Batu merupakan salah satu instalasi pengolahan lumpur tinja di Kota Bekasi, Jawa Barat yang memiliki sarana pengolahan air limbah dengan karakteristik efluen yang belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pengolahan supernatan di IPLT Sumur Batu dan membuat rencana perbaikan pada pengolahan air limbah yang lebih baik. Pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengevaluasi kriteria desain, kualitas efluen dan rencana optimalisasi pengolahan supernatan IPLT Sumur Batu. Rencana optimalisasi dilakukan dengan cara membuat perencanaan desain dan membuat model sebagai validasi perencanaan menggunakan *software* STOAT. Debit influen yang masuk pada pengolahan supernatan IPLT Sumur Batu yaitu 78 m³/hari. Efisiensi removal pada kolam aerasi I dan II menunjukkan ketidakefektifan, dimana penyisihan BOD, COD, TSS, ammonia dan minyak lemak yaitu 43%, 42%, 18%, 18% dan 36% pada aerasi I dan 50%, 43%, 23%, 25% dan 50% pada aerasi II. Oleh karena itu, dilakukan penambahan unit pada pengolahan supernatan, sehingga memiliki urutan pengolahan yaitu *grease and oil trap*, kolam anaerobik, Kolam aerasi I, kolam aerasi II, kolam sedimentasi dan kolam klorinasi, serta terdapat unit pengering sisa endapan lumpur yaitu *sludge drying bed*. Setelah dilakukan perbaikan hasil dari karakteristik efluen menunjukkan kesesuaian dengan baku mutu dan memiliki efisiensi removal secara keseluruhan yang tidak jauh berbeda antara hasil perhitungan dengan hasil pemodelan STOAT, dimana efisiensi removal secara keseluruhan pada parameter BOD, COD, TSS, ammonia, minyak dan lemak berturut-turut yaitu berturut-turut 99,5%, 98,8%, 99,6%, 99,3% dan 99,5%. Sehingga dari hasil perbaikan tersebut dapat disimpulkan bahwa pengolahan supernatan IPLT Sumur Batu setelah dilakukan perbaikan dapat berjalan dengan optimal.

Kata Kunci : IPLT Sumur Batu, Pengolahan Supernatan, Evaluasi Kinerja, Perbaikan IPLT, *Software* STOAT

ABSTRACT

STP Sumur Batu is one of the septage treatment plants in Bekasi City, West Java that has wastewater treatment facilities with effluent characteristics that do not meet the quality standards based on the Minister of Environment and Forestry Regulation Number 68 of 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards. The purpose of the study is to analyze the performance of supernatant treatment at STP Sumur Batu and make an improvement plan for better wastewater treatment. This study was conducted by evaluating the design criteria, effluent quality and optimization plan for supernatant treatment at STP Sumur Batu. The optimization plan is carried out by planning designs and making models as planning validation using STOAT software. The influent discharge that enters the supernatant treatment of STP Sumur Batu is 78 m³/day. The removal efficiency in aeration ponds I and II showed optimization, where the removal of BOD, COD, TSS, ammonia and fatty oil were 43%, 42%, 18%, 18% and 36% in aeration I and 50%, 43%, 23%, 25% and 50% in aeration II. Therefore, additional units are added to the supernatant treatment, so that it has a processing sequence, namely grease and oil trap, anaerobic pond, aeration pond I, aeration pond II, sedimentation pond and chlorination pond, and there is a sludge drying unit, namely sludge drying bed. After the improvement is made, the results of the effluent characteristics show compliance with quality standards and have an overall removal efficiency that is not much different between the calculation results and the STOAT modeling results, where the overall removal efficiency of the BOD, COD, TSS, ammonia, oil and fat parameters are 99.5%, 98.8%, 99.6%, 99.3% and 99.5% respectively. So from the results of these improvements it can be concluded that the supernatant treatment of STP Sumur Batu after improvement can run optimally.

Keywords: WWTP, Supernatant Treatment, Performance Evaluation, STP Improvement, STOAT Software

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Lumpur Tinja	5
2.1.1 Definisi Tinja.....	5
2.1.2 Definisi Lumpur Tinja.....	5
2.1.3 Karakteristik Lumpur Tinja.....	6
2.2 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja	7
2.3 Pelayanan Penyedotan/Pengolahan Lumpur Tinja di IPLT Sumur Batu.....	9
2.4 Tahapan Pengolahan IPLT Sumur Batu.....	10
2.5 Pengertian Setiap Unit Pengolahan IPLT Sumur Batu	15
2.6 Pengoperasian, Pemeliharaan dan Pemantauan Instalasi Pengolahan lumpur Tinja	22
2.7 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu dan Lokasi	27
3.2 Diagram Alir Penelitian	29
3.3 Metode Penelitian.....	29
3.4 Tahapan Perencanaan.....	30
3.4.1 Sampling Air Limbah di IPLT Sumur Batu	30
3.4.2 Pengujian Karakteristik dan Neraca Air Limbah	31
3.4.3 Evaluasi Kriteria Desain dengan Kondisi Eksisting.....	32

3.4.4	Rencana Perbaikan Pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu	36
3.4.5	Modelling IPLT Menggunakan STOAT	36
3.5	Analisis Data	43
3.5.1	Evaluasi Kinerja IPLT dalam Menurunkan Konsentrasi Beban Pencemar	43
3.5.2	Evaluasi Kesesuaian antara Kriteria Desain dengan Eksisting Pengolahan	43
3.5.3	Evaluasi dan Perbaikan.....	43
BAB IV	PEMBAHASAN	45
4.1	Evaluasi Perencanaan.....	45
4.1.1	Data Primer Pengolahan IPLT Sumur Batu	45
4.1.2	Perbandingan Kriteria Desain Teori dengan Kondisi Eksisting	48
4.1.3	Efisiensi Removal Pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu	51
4.2	Perencanaan Perbaikan IPLT Sumur Batu.....	54
4.2.1	Diagram Alir dan <i>Process Flow Diagram</i> setelah dilakukan Perencanaan Perbaikan.....	54
4.2.2	Usulan Perbaikan.....	57
4.2.3	Hasil Desain Perbaikan.....	60
4.2.4	Hasil Efisiensi Removal dan Neraca Massa Setelah Dilakukan Perencanaan Perbaikan.....	61
4.3	Validasi Model Menggunakan <i>Software</i> STOAT	64
4.3.1	Layout Unit Pengolahan Supernatan (cairan).....	64
4.3.2	Data Input STOAT	65
4.3.3	Hasil validasi model STOAT	69
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Tinja dan Air Seni	7
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	24
Tabel 3.1 Metode Analisis Pengujian Lumpur Tinja.....	32
Tabel 3.2 Kriteria Desain Kolam Aerasi	33
Tabel 3.3 Kriteria Desain Kolam Sedimentasi	34
Tabel 4.1 Dimensi Unit Pengolahan IPLT Sumur Batu	46
Tabel 4.2 Data Hasil Uji Lab Laboratorium IPLT Sumur Batu	47
Tabel 4.3 Konsentrasi dan Beban Pencemar pada Inlet Pengolahan Supernatan	48
Tabel 4.4 Perbandingan Kriteria Desain, Rencana Desain dan Kondisi Eksisting pada Kolam Aerasi 1 dan Kolam Aerasi II	49
Tabel 4.5 Perbandingan Kondisi Eksisting, Desain Perencanaan dan Kriteria Desain pada Kolam Sedimentasi.....	50
Tabel 4.6 Efisiensi Removal Unit Pengolahan Supernatan (cairan).....	52
Tabel 4.7 Kriteria Desain Grease and Oil Trap	58
Tabel 4.8 Kriteria Desain Unit Kolam Anaerobik.....	58
Tabel 4.9 Kriteria Desain Bak Klorinasi	59
Tabel 4.10 Kriteria Desain Sludge Drying Bed.....	60
Tabel 4.11 Detail Desain Perbaikan Unit Pengolahan Supernatan (cairan) IPLT Sumur Batu.....	61
Tabel 4.12 Efisiensi Removal Unit Pengolahan Supernatan Setelah Perbaikan	62
Tabel 4.13 Data Input Parameter pada Influen STOAT.....	65
Tabel 4.14 Data Input Kolam Anaerobik	66
Tabel 4.15 Data Input Kolam Aerasi.....	67
Tabel 4.16 Data Input Kolam Sedimentasi pada Menu Initial Data.....	68
Tabel 4.17 Data Input Kolam Sedimentasi pada Menu Operation.....	68
Tabel 4.18 Data Input Kolam Klorinasi	69
Tabel 4.19 Hasil Karakteristik Efluen Berdasarkan Pemodelan Software STOAT	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Area Pelanggan Kota Bekasi	9
Gambar 2.2	Area Pelanggan Luar Kota Bekasi	10
Gambar 2.3	Diagram Alir Pengolahan IPLT Sumur Batu.....	12
Gambar 2.4	Alur Pengolahan IPLT Sumur Batu.....	13
Gambar 2.5	Diagram Alir Eksisting Pengolahan IPLT Sumur Batu.....	14
Gambar 2.6	Unit Stone Trap.....	15
Gambar 2.7	Ilustrasi Stone Trap	15
Gambar 2.8	Unit Sludge Acceptance Plant	16
Gambar 2.9	Ilustrasi Sludge Acceptance Plant.....	16
Gambar 2.10	Unit Bak Ekualisasi.....	17
Gambar 2.11	Unit Pemisah Padatan dan Cairan.....	18
Gambar 2.12	Ilustrasi Komponen Unit Pemisah Padatan dan Cairan	18
Gambar 2.13	Unit Aerasi I dan Aerasi II.....	19
Gambar 2.14	Unit Kolam Sedimentasi	20
Gambar 2.15	Unit Sand Filter.....	21
Gambar 2.16	Ilustrasi Sand Filter	21
Gambar 2.17	Unit Reservoir	22
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian.....	28
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.3	Denah Titik Sampling	31
Gambar 3.4	Tampilan Name and Dimenssion.....	38
Gambar 3.5	Influen Pattern IPLT Sumur Batu pada Software STOAT	39
Gambar 3.6	Tampilan Stage data pada activated Sludge.....	39
Gambar 3.7	tampilan initial condition pada Activated Sludge	40
Gambar 3.8	tampilan Initial Conditon pada Secondary Clarifier	40
Gambar 3.9	Tampilan Operation pada Secondary Clarifier	40
Gambar 3.10	Tampilan MLSS Recycle.....	41
Gambar 3.11	Contoh Tampilan Hasil Simulasi Pemodelan STOAT	41
Gambar 3.12	Diagram Alir Tahapan Pengerjaan STOAT.....	42
Gambar 4.1	Diagram Alir Pengolahan IPLT Sumur Batu Setelah Perbaikan	55

Gambar 4.2 Process Flow Diagram Pengolahan IPLT Sumur Batu setelah Perbaikan	56
Gambar 4.3 Neraca Massa Pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu setelah Perbaikan	63
Gambar 4.4 Layout Unit Pengolahan Supernatan melalui STOAT.....	64
Gambar 4.5 Hasil Simulasi Pemodelan Melalui STOAT	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Hitungan Kesesuaian Terhadap Kriteria Desain	79
Lampiran II Hitungan Unit Lama Setelah Dilakukan Perbaikan	87
Lampiran III Hitungan Desain Unit Yang Ditambahkan.....	89

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja) adalah instalasi pengolahan air limbah yang diperuntukan hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang diangkut dengan mobil tinja. IPLT dirancang untuk mengolah lumpur tinja sehingga tidak membahayakan bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Kinerja IPLT dapat dilihat berjalan secara optimal jika dilihat dari berbagai aspek, diantaranya aspek teknis maupun aspek non-teknis. Secara aspek teknis, perlu kajian untuk menemukan standar kriteria desain berdasarkan aplikasi pada pembangunan IPLT selanjutnya. Secara umum, perlu kajian untuk berbagai permasalahan teknis sebagai informasi kondisi eksisting IPLT di Indonesia. Perbandingan Pemilihan opsi unit pengolahan IPLT yang tepat akan berpengaruh pada proses pengolahan IPLT (Putri & Hermana, 2015).

Kota Bekasi telah memiliki IPLT yang berlokasi di wilayah Kelurahan Sumur Batu, Kecamatan Bantargebang, Kota Bekasi. Berdasarkan Laporan Akhir Perencanaan IPLT di Kota Bekasi, IPLT Sumur Batu merupakan salah satu bentuk upaya pemerintah Kota Bekasi dalam meningkatkan pengolahan lumpur tinja. IPLT Sumur Batu secara teknis dikelola oleh BLUD UPTD PALD Kota Bekasi yang dibangun pada tahun 2016. Kondisi IPLT Sumur Batu di Kota Bekasi saat ini dapat mampu menampung timbulan lumpur tinja sebesar 120 m³/hari.

Namun, berdasarkan monitoring efluen pada bulan April 2023, IPLT Sumur Batu memiliki sistem pengolahan yang tidak optimal, dikarenakan terdapat karakteristik efluen yang tidak memenuhi baku mutu. berdasarkan PermenLHK No. 68 tahun 2016. Oleh karena itu, perlu adanya evaluasi dengan harapan sistem pengolahan dapat berjalan dengan optimal dan menghasilkan kualitas efluen yang sesuai dengan baku mutu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas, maka rumusan masalah yang diperoleh yaitu IPLT Sumur Batu memiliki karakteristik efluen yang tidak memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Kondisi ini memerlukan evaluasi pada aspek teknis pengolahan di IPLT Sumur Batu.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian:

1. Melakukan evaluasi kinerja pada sistem pengolahan limbah tinja di IPLT Sumur Batu sesuai baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016.
2. Melakukan perencanaan perbaikan pada sistem pengolahan limbah tinja di IPLT Sumur Batu.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat, yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui informasi mengenai kondisi dan permasalahan yang terjadi pada IPLT Sumur Batu.
2. Mengetahui sistem operasi pengolahan lumpur tinja di IPLT Sumur Batu.
3. Mengetahui Kemampuan dalam menurunkan beban pencemar pada IPLT Sumur Batu.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian akan dilakukan di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Sumur Batu, Kota Bekasi.
2. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap unit hanya 1 (satu) kali pengolahan di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Sumur Batu, Kota Bekasi.

3. Sampel lumpur tinja dilakukan pengujian di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Terdapat beberapa parameter yang di uji pada sampel lumpur tinja, yaitu BOD (*biological oxygen demand*) , COD (*chemical oxygen demand*), TSS (*total suspended solid*), Ammonia, Minyak dan Lemak.
5. Baku mutu pada penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016.
6. Hasil pengujian karakteristik pada sampel digunakan sebagai bahan analisis yang bertujuan untuk mengetahui dan menentukan efektivitas kinerja unit pengolahan IPLT.
7. Penelitian ini hanya berfokus pada pengolahan supernatan (cairan) IPLT Sumur Batu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lumpur Tinja

2.1.1 Definisi Tinja

Tinja merupakan benda padat yang berasal dari tubuh manusia dan keluar melalui dubur yang juga bentuk sisa dari proses pencernaan makanan di sepanjang sistem saluran pencernaan (Azwar, 1995). Kotoran manusia merupakan salah satu sumber penularan penyakit yang berasal dari feces, yang dapat ditularkan melalui berbagai macam cara (Natoatmodjo, 2005). Kotoran manusia merupakan hasil akhir dari proses yang terjadi di dalam tubuh yang mengakibatkan pemisahan dan pembuangan zat-zat yang tidak dibutuhkan tubuh. Material yang tidak digunakan lagi berupa feces dan urin (Chandra, 2012). Definisi tinja ini juga mencakup semua zat sisa dari tubuh, termasuk karbon monoksida (CO₂), yang dilepaskan sebagai residu dengan melalui proses respirasi, keringat, lendir yang dikeluarkan oleh kelenjar, dll (Suparman, 2002).

2.1.2 Definisi Lumpur Tinja

Lumpur tinja merupakan endapan yang terkandung di dalam *Septic Tank*. Lumpur tinja memiliki kandungan pasir yang tinggi, kandungan lemak yang tinggi, bau yang menyengat, mudah membentuk buih saat diaduk, tidak mudah mengendap, serta kandungan bahan padat dan organik yang tinggi. Konsentrasi nutrisi lumpur tinja cukup tinggi dibandingkan dengan nutrisi yang terkandung dalam air limbah. Lumpur tinja ini merupakan hasil dari proses penguraian kotoran manusia di dalam *Septic Tank*. Proses pengolahan utama yang terjadi dalam tangki septik adalah sebagai berikut (Poldprasert & Rajput, 1982):

- a. Penyisihan padatan tersuspensi
- b. Pencernaan lumpur dan skum
- c. Stabilisasi cairan

d. Pertumbuhan mikroorganisme

Kandungan zat yang terkandung dalam lumpur tinja berupa bahan organik padat, lemak/minyak, pasir (*grit*) yang berpotensi menjadi sarang berbagai virus penyakit, bakteri dan parasit. Lumpur tinja memiliki kandungan zat organik yang masih tinggi, sehingga perlu adanya pengolahan lebih lanjut guna dapat mengurangi pencemaran dan penyebaran penyakit jika dibuang ke lingkungan.

2.1.3 Karakteristik Lumpur Tinja

Dalam ilmu kesehatan lingkungan, di antara berbagai ekskresi tubuh manusia, feses dan urine lebih merupakan zat yang dipentingkan, karena kedua ekskresi tersebut memiliki karakteristik tersendiri dan menjadi sumber berbagai penyakit saluran cerna (Azwar, 1995). Tinja merupakan hasil akhir dari proses yang terjadi di dalam tubuh, sehingga terjadi pemisahan dan pembuangan zat-zat yang tidak dibutuhkan tubuh. Zat yang tidak dibutuhkan tersebut yaitu berupa feses dan urin (Chandra, 2012). Banyaknya tinja dipengaruhi oleh kondisi setempat, tidak hanya faktor fisiologis, tetapi juga budaya dan kepercayaan. Beberapa data menunjukkan bahwa di Asia, orang normal menghasilkan 200-400 gram feses (berat basah) per hari, dibandingkan dengan 100-150 gram di negara-negara Eropa dan Amerika. Di Indonesia, rata-rata 1150 ml urine dan 200 gram feses yang dikeluarkan per hari. Lumpur tinja diketahui memiliki karakteristik umum dengan TSS 4.000-100.000mg/L, COD 5.000-80.000 mg/L, BOD5 2.000-30.000 mg/L, dan total coliforms $56-8,03 \times 10^7$ CFU/100 ml (Metcalf & Eddy, 1991).

Karakteristik kotoran manusia berdasarkan buangan yang dihasilkan akibat kegiatan biologis ada dua macam, yaitu:

1. Zat sisa yang berbentuk cair (air seni)
2. Zat sisa yang berbentuk padat (tinja)

Berikut merupakan komposisi dari lumpur tinja dan air seni yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Tinja dan Air Seni

Komponen	Kandungan (%)
Air	66 – 88
Bahan Organik (dari berat kering)	88 – 97
Nitrogen (dari berat kering)	5.0 – 7.0
Fosfor (sebagai P ₂ O ₅) (dari berat kering)	3.0 – 5.4
Potassium (sebagai K ₂ O) (dari berat kering)	1.0 – 2.5
Karbon (dari berat kering)	40 – 55
Kalsium (sebagai CaO) (dari berat kering)	4 – 5
Rasio C/N (dari berat kering)	5 – 10

Sumber: Gootas, 1956

Kotoran manusia berpotensi mengandung mikroorganisme patogen, terutama ketika manusia memiliki penyakit gastrointestinal (saluran pencernaan). *Escherichia coli* dan *fecal streptococcus (enterococcus)* yang sering terdapat dalam saluran pencernaan manusia diekskresikan dalam jumlah banyak dari tubuh manusia dan hewan berdarah panas lainnya, dengan rata-rata sekitar 50 juta per gram (Suparman, 2002).

2.2 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) adalah sebuah instalasi untuk mengolah air limbah domestik yang didesain hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang diangkut dengan mobil (truk tinja). Lumpur tinja yang diolah di IPLT merupakan tahap pengolahan lanjutan setelah lumpur tinja yang diolah terlebih dahulu di tangki septik dan belum layak dibuang di media lingkungan. Lumpur tinja yang terakumulasi di cubluk dan tangki septik, secara umum dikuras atau dikosongkan kemudian diangkut ke IPLT dengan menggunakan truk tinja. IPLT merupakan salah satu upaya terencana guna meningkatkan pengolahan dan pembuangan limbah yang aman untuk lingkungan (Oktarina & Haki Helmi, 2013).

Berdasarkan (Permen LHK No.68 tahun 2016), Setiap kegiatan yang menghasilkan air limbah wajib dilakukan pengolahan serta pengolahan tersebut wajib memenuhi baku mutu yang berlaku. Pengelolaan air limbah domestik ini harus dilakukan pemantauan untuk mengetahui pemenuhan ketentuan baku mutu air limbah, diantaranya menjamin air limbah yang dihasilkan telah masuk kedalam IPLT, penggunaan saluran air limbah yang kedap air agar tidak terjadi perembesan, memisahkan saluran air hujan dengan saluran air limbah domestik, dan lainnya.

2.2.1 IPLT di Indonesia

IPLT di Indonesia tersebar di 29 provinsi dari total 34 provinsi di Indonesia, dimana Provinsi yang tidak memiliki layanan IPLT yaitu Provinsi Sulawesi barat, Sulawesi Utara, Kalimantan Utara dan Papua Barat. Sedangkan Jumlah penyebaran IPLT Terbesar berturut-turut yaitu berada di provinsi Jawa Tengah dengan jumlah IPLT yaitu 16, di provinsi Jawa Barat dengan jumlah IPLT yaitu 14 dan di Provinsi Jawa Timur dengan jumlah IPLT yaitu 17.

Adapun untuk unit pengolahan yang sering digunakan pada kebanyakan IPLT yang ada di Indonesia yaitu *Tangki Imoff* dan *Solids Separation Chamber-Dying Area* (SCC-DA). Unit proses untuk pengolahan stabilisasi secara biologis yang sering digunakan yaitu unit kolam stabilisasi, *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), *Anaerobic Digester* dan lain-lain (Putri & Hermana, 2015).

2.2.2 Profil IPLT Sumur Batu

IPLT Sumur Batu Terletak di Kelurahan Sumur Batu, Kecamatan Bantar Gebang, Kota Bekasi yang dibangun pada tahun 2003 oleh departemen Pekerjaan Umum. Pada tahun 2011 dilakukan perbaikan berat serta pada tahun 2016 dilakukan peningkatan dan optimalisasi (APBD).

IPLT Sumur Batu di desain dengan kapasitas terpasang 120 m³/hari dengan Kapasitas terpakai dan jumlah influen perhari sebesar ± 100 m³/hari. IPLT Sumur Batu dikelola oleh dinas UPTD PALD Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Pertahanan (Disperkimtan) Kota Bekasi.

2.3 Pelayanan Penyedotan/Pengolahan Lumpur Tinja di IPLT Sumur Batu

Sejak tahun 2017, IPLT Sumur Batu sudah menerapkan Layanan Lumpur Tinja Terjadwal (L2T2) berbasis aplikasi, sehingga mempermudah masyarakat Kota Bekasi untuk memesan jasa penyedotan. L2T2 merupakan sebuah layanan penyedotan lumpur tinja dari *septic tank* secara berkala berdasarkan periode penyedotan yang ditentukan. Selain limbah rumah tangga, IPLT Sumur Batu juga melayani limbah yang bersumber dari hotel, restoran, tempat hiburan, pusat perbelanjaan dan industri besar.

Area pelayanan yang dilayani IPLT Sumur Batu yaitu mencakup setiap kecamatan Kota Bekasi dan juga menerima pelayanan mencakup luar Kota Bekasi. Untuk pelayanan di luar Kota Bekasi dilakukan berdasarkan tarif, dimana menyesuaikan berdasarkan jarak, dimana jika dilihat dari statistik lokasi pelanggan yang terjauh sampai saat ini yaitu Kabupaten Sukabumi jika dilihat pada web BLUD PALD Kota Bekasi. Namun, apabila mengacu pada standar pelayanan penyedotan lumpur tinja hanya dalam radius 30 kilometer, dimana hanya mencakup wilayah Kabupaten Bogor, Kabupaten Bekasi dan DKI Jakarta Berikut merupakan data wilayah pelanggan yang sudah menggunakan jasa penyedotan.



Gambar 2.1 Area Pelanggan Kota Bekasi

Sumber: Web BLUD PALD Kota Bekasi



Gambar 2.2 Area Pelanggan Luar Kota Bekasi

Sumber: Web BLUD PALD Kota Bekasi

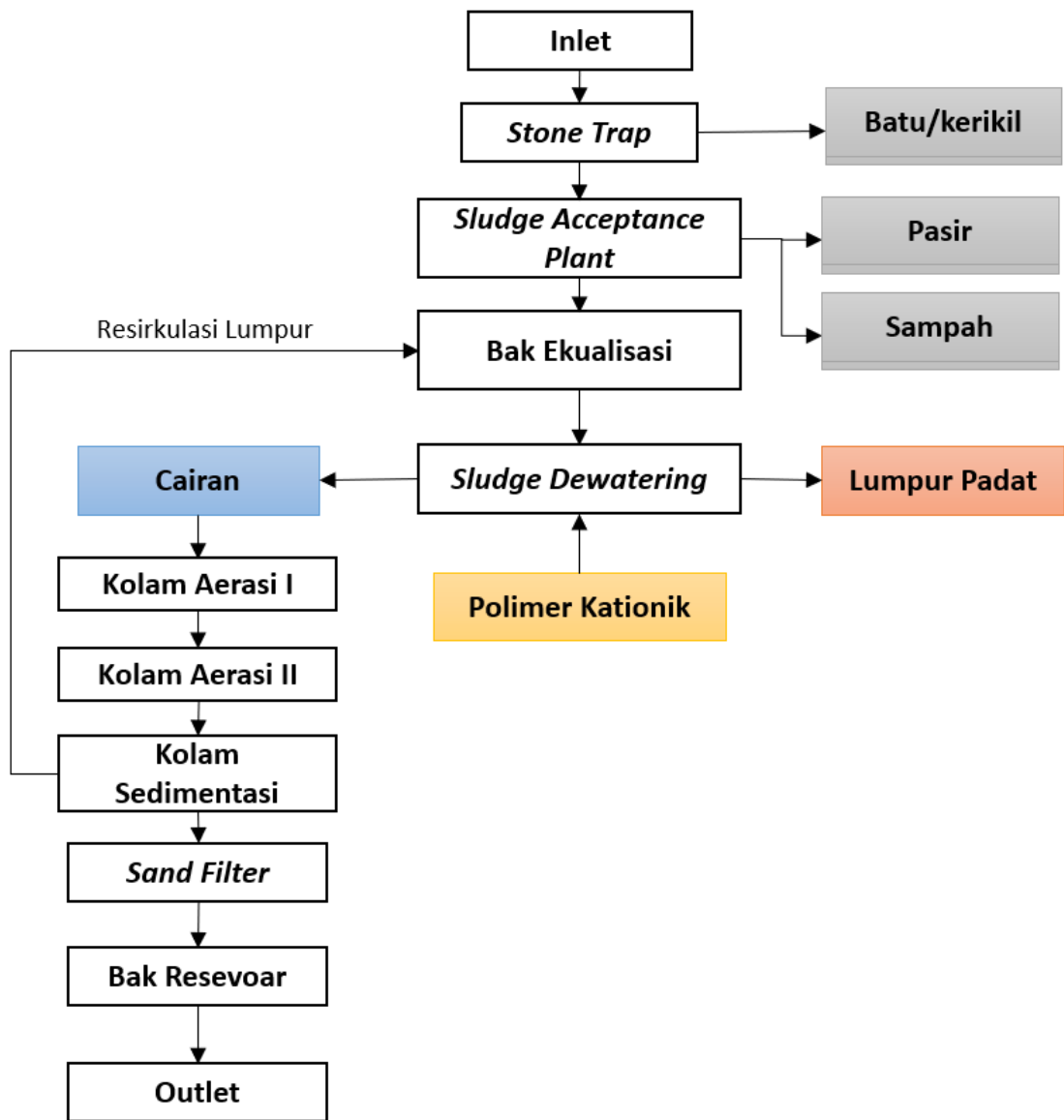
2.4 Tahapan Pengolahan IPLT Sumur Batu

Terdapat tahapan pengolahan berdasarkan laporan akhir pengembangan tahap II dan III IPLT Sumur Batu yang dikeluarkan pada tahun 2017 dan gambar perencanaan peningkatan IPLT tahun 2016, dimana unit yang direncanakan tidak sesuai dengan unit yang terpasang sekarang atau tidak terealisasi. Oleh karena itu, Tahapan pengolahan pada IPLT Sumur Batu mengacu pada kondisi eksisting yang sekarang terpasang.

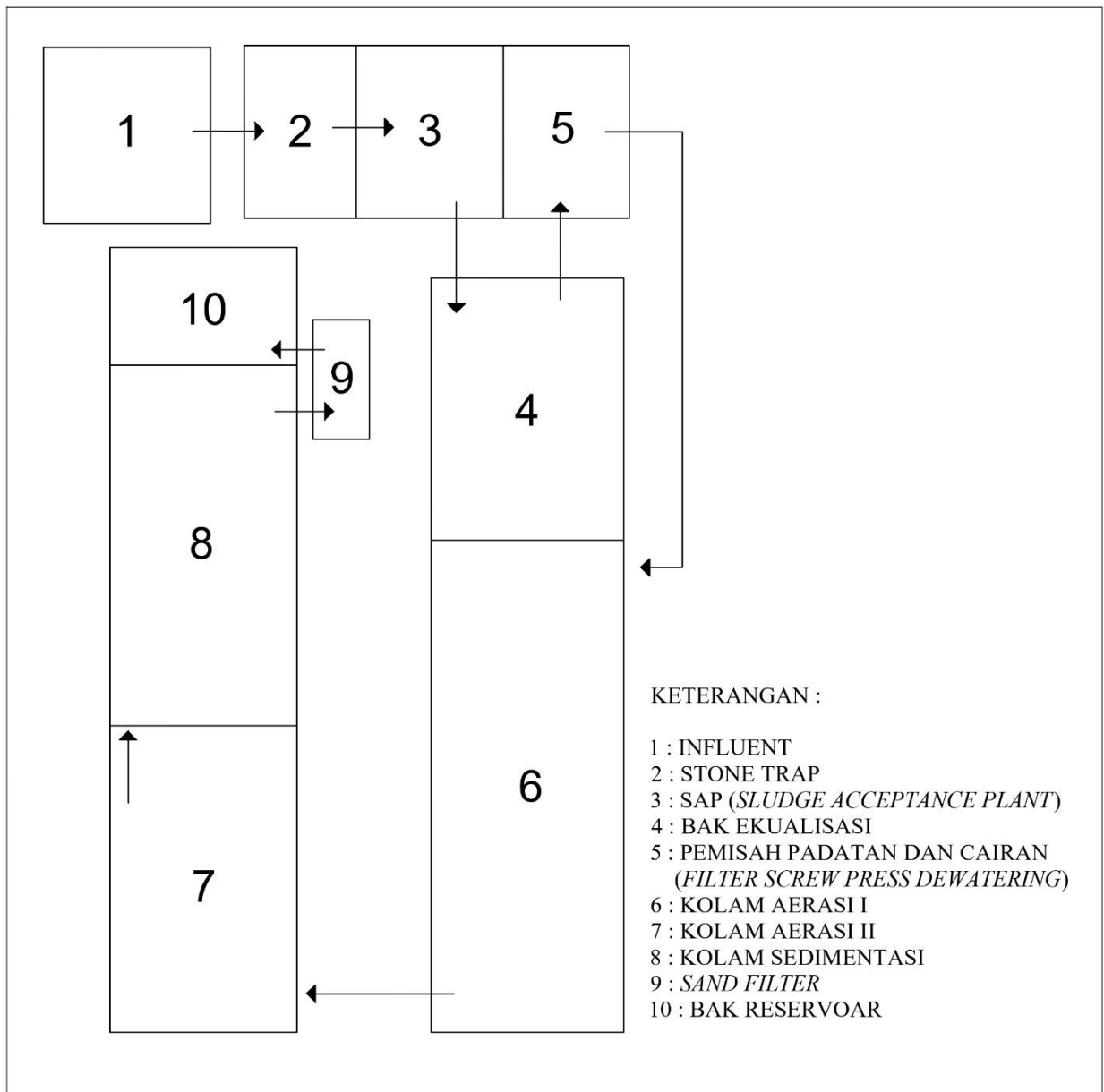
Air limbah yang diangkut truk tinja dialirkan menuju pengolahan pertama yaitu penyaringan batu atau stone trap untuk menyaring partikel kasar yang terkandung dalam lumpur tinja, yang dilanjutkan dengan pengolahan menggunakan unit SAP (sludge acceptance plant) yang bertujuan menyaring sampah, pasir dan batu secara spesifik. Selanjutnya lumpur tinja dialirkan menuju kolam ekualisasi yang difungsikan sebagai penampungan atau penyimpanan lumpur sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Jika terdapat kendala atau kerusakan pada unit SAP, maka lumpur tinja dialirkan dari unit stone trap langsung menuju kolam ekualisasi melalui pipa bypass tanpa melewati unit SAP. Air limbah yang terkumpul pada kolam ekualisasi dipompa menuju unit pemisah

padatan dan cairan (filter screw press dewatering) agar cairan yang terpisah dapat diolah lebih lanjut.

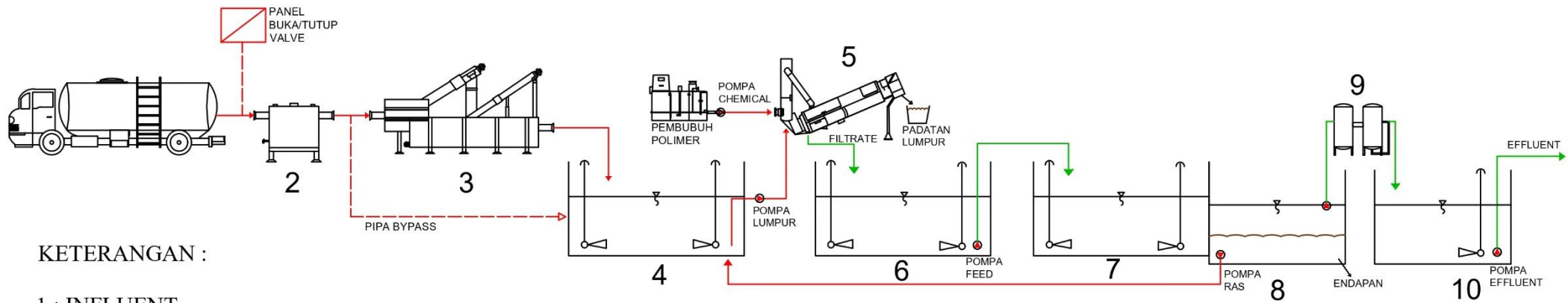
Selanjutnya air limbah mengalir menuju kolam Aerasi I yang berfungsi menyediakan oksigen kepada mikroorganisme/Bakteri pengurai yang dicampurkan dalam air limbah untuk menguraikan kandungan organik yang terkandung pada air limbah tersebut. Setelah itu, limbah mengalir menuju kolam aerasi II yang bertujuan menguraikan kandungan organik yang tersisa pada air limbah setelah melewati proses pengolahan kolam aerasi I. selanjutnya limbah mengalir menuju kolam sedimentasi untuk mengendapkan lumpur atau partikel yang tersisa. Endapan pada kolam sedimentasi ini dialirkan menuju kolam ekualisasi untuk dilakukan pengolahan ulang. Setelah proses sedimentasi, air limbah dipompa menuju unit sand filter untuk dilakukan penyaringan menggunakan pasir silika. Kemudian air limbah dialirkan menuju kolam reservoir sebagai kolam penampungan akhir sebelum air limbah yang telah diolah dapat dibuang ke badan air. Berikut merupakan diagram alir dan process flow diagram pengolahan pada IPLT Sumur Batu serta denah titik pengambilan sampel tinja yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Diagram Alir Pengolahan IPLT Sumur Batu



Gambar 2.4 Alur Pengolahan IPLT Sumur Batu



KETERANGAN :

- 1 : INFLUENT
- 2 : STONE TRAP
- 3 : SAP (*SLUDGE ACCEPTANCE PLANT*)
- 4 : BAK EKUALISASI
- 5 : PEMISAH PADATAN DAN CAIRAN
(*FILTER SCREW PRESS DEWATERING*)
- 6 : KOLAM AERASI 1
- 7 : KOLAM AERASI 2
- 8 : KOLAM SEDIMENTASI
- 9 : *SAND FILTER*
- 10 : BAK RESERVOAR

Gambar 2.5 Diagram Alir Eksisting Pengolahan IPLT Sumur Batu

2.5 Pengertian Setiap Unit Pengolahan IPLT Sumur Batu

2.5.1 *Stone trap*

Stone trap adalah sebuah perangkat atau jebakan yang digunakan untuk menangkap dan menyaring material padat seperti sampah dan pasir kasar yang terdapat dalam aliran lumpur tinja. Perangkat ini memiliki bentuk seperti keranjang (Laporan Akhir IPLT Sumur Batu Tahap II & III, 2017). Hal ini bertujuan untuk melindungi peralatan atau mesin lain yang berada disepanjang jalur aliran tersebut. Material padat yang dapat terperangkap dalam *stone trap* meliputi kerikil, batu, pasir, atau benda lainnya yang bisa merusak atau mengganggu operasi peralatan di sekitarnya. Berikut merupakan foto unit *Stone Trap* pada IPLT Sumur Batu dan ilustrasinya yang dapat dilihat pada gambar 2.6 dan gambar 2.7.



Gambar 2.6 *Unit Stone Trap*



Gambar 2.7 *Ilustrasi Stone Trap*

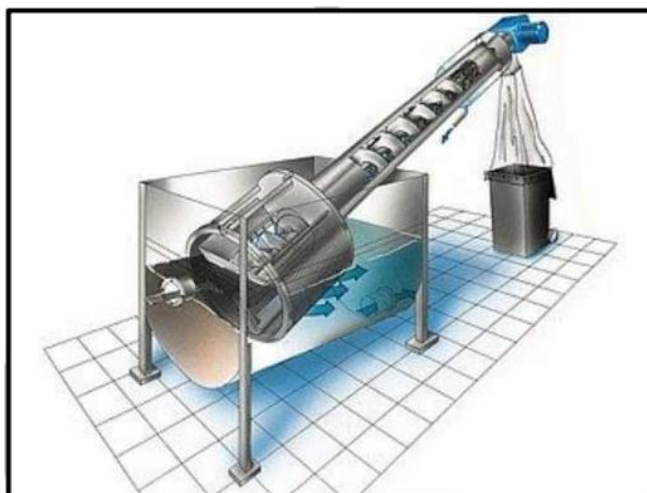
Sumber: JWC Environmental

2.5.2 SAP (*sludge acceptance plant*)

Unit *Sludge Acceptance Plant* adalah unit pemisah sampah dan pasir berupa saringan halus yang berputar dilengkapi dengan sisir pembersih saringan yang sekaligus dapat memadatkan, mengangkat sampah dan memindahkannya ke wadah sampah dan wadah pasir yang disediakan menggunakan *integrated screen press* atau ulir, serta harus dapat bekerja secara otomatis (mekanis) (Laporan Akhir IPLT Sumur Batu Tahap II & III, 2017). Unit ini biasanya terletak di awal rantai pengolahan limbah dan berfungsi sebagai titik masuk utama untuk sludge sebelum diarahkan ke tahap-tahap pengolahan selanjutnya. Berikut merupakan foto unit *Sludge Acceptance Plant* pada IPLT Sumur Batu dan ilustrasinya yang dapat dilihat pada gambar 2.8 dan gambar 2.9.



Gambar 2.8 Unit *Sludge Acceptance Plant*



Gambar 2.9 Ilustrasi *Sludge Acceptance Plant*

Sumber: Huber Se, 2011

2.5.3 Bak Ekualisasi

Berdasarkan buku panduan (PUPR, 2017), Unit Bak Ekualisasi adalah komponen yang digunakan untuk meratakan debit dan konsentrasi lumpur tinja sebelum diolah lebih lanjut, dikarenakan lumpur tinja yang masuk memiliki debit dan konsentrasi polutan yang berbeda, sehingga dapat menoptimalkan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengolahan berikutnya.

Proses pemerataan konsentrasi lumpur tinja ini dilakukan dengan menggunakan rotator dan mencegah terbentuknya padatan tersuspensi pada dasar bak. Berikut merupakan foto unit Bak Ekualisasi pada IPLT Sumur Batu yang dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Unit Bak Ekualisasi

2.5.4 Pemisah Padatan dan Cairan (*filter screw press dewatering*)

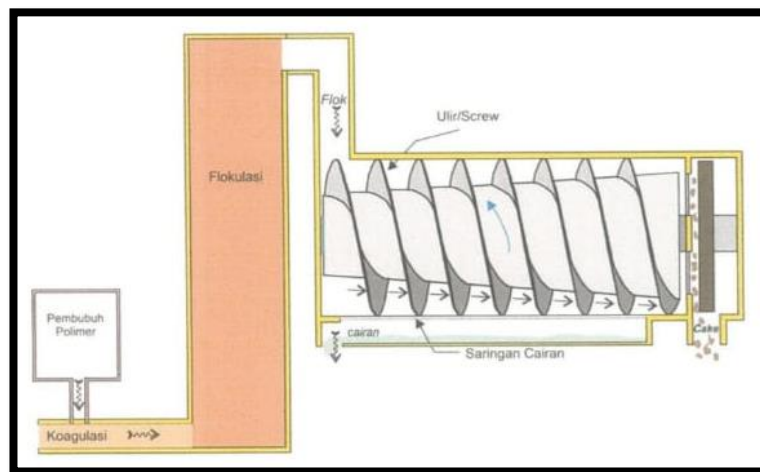
Unit pemisah padatan dan cairan merujuk pada komponen atau proses dalam instalasi pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi kadar air atau menghilangkan kelebihan air dari lumpur atau sludge. Fungsi utama dari *Sludge Dewatering* ini yaitu memisahkan antara padatan dan cairan, yang mana cairan tersebut akan diolah lebih lanjut guna memenuhi baku mutu.

Sebelum dilakukan proses de watering atau pemisahan padatan dan cairan pada sludge atau lumpur di unit Sludge mekanikal de watering, perlu adanya pembubuhan polimer yang berfungsi untuk memperbesar ukuran partikel dengan cara menyatukan partikel-partikel yang lebih kecil bersatu menjadi partikel-

partikel yang lebih besar. Pembubuhan polimer tersebut dilakukan dengan cara penyuntikan ke dalam pipa aliran yang langsung adanya proses Koagulasi. Dilanjutkan dengan pipa yang lebih besar yang sekaligus untuk melakukan proses flokulasi (Laporan Akhir IPLT Sumur Batu Tahap II & III, 2017). Berikut merupakan foto unit dan ilustrasi Pemisah padatan dan cairan pada IPLT Sumur Batu yang dapat dilihat pada gambar 2.11 dan gambar 2.12.



Gambar 2.11 Unit Pemisah Padatan dan Cairan



Gambar 2.12 Ilustrasi Komponen Unit Pemisah Padatan dan Cairan

Sumber: Laporan Akhir Tahap II dan III IPLT Sumur Batu

2.5.5 Kolam Aerasi

Unit aerasi pada instalasi pengolahan lumpur tinja adalah salah satu komponen yang digunakan dalam proses pengolahan lumpur tinja. Tujuan dari unit aerasi adalah untuk memberikan oksigen ke dalam lumpur tinja, membuat pertumbuhan bakteri aerobik.

Kandungan organik dalam tinja sangat tinggi sehingga penggunaan dua unit kolam aerasi pada IPLT memberikan keandalan operasional yang lebih tinggi, fleksibilitas dalam penanganan beban limbah, dan kemampuan untuk mengoptimalkan kualitas pengolahan. Hal ini memungkinkan IPLT untuk menjaga konsistensi dan efisiensi dalam pengolahan lumpur tinja, serta menjaga ketersediaan dan keandalan sistem secara keseluruhan. Berikut merupakan foto unit Kolam Aerasi I dan Kolam Aerasi II pada IPLT Sumur Batu yang dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Unit Aerasi I dan Aerasi II

2.5.6 Kolam sedimentasi

Unit kolam sedimentasi pada instalasi pengolahan lumpur tinja adalah komponen yang digunakan untuk memisahkan partikel-padatan dari lumpur tinja yang telah mengalami proses pengolahan. Tujuannya adalah untuk mengendapkan partikel-padatan yang lebih berat, sehingga menghasilkan lumpur tinja yang lebih jernih dan mengurangi kadar padatan terlarut dalam air.

Proses sedimentasi biasanya terjadi setelah proses aerasi atau proses biologi dalam IPLT. Setelah lumpur tinja mengalami proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, lumpur tersebut dialirkan ke unit sedimentasi.

Dalam unit sedimentasi, aliran lumpur diperlambat sehingga partikel-padatan dalam lumpur dapat mengendap ke bagian bawah tangki. Berikut merupakan foto unit Kolam Sedimentasi pada IPLT Sumur Batu yang dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Unit Kolam Sedimentasi

2.5.7 Sand filter

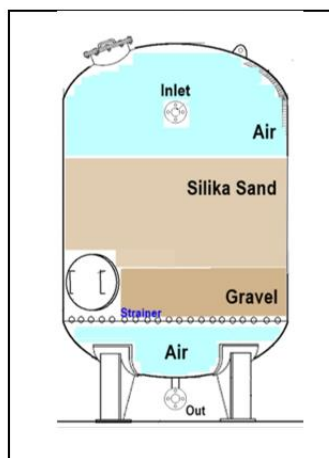
Sand filter pada instalasi pengolahan lumpur tinja adalah komponen yang digunakan untuk mengolah lumpur tinja secara lebih lanjut yang berfungsi untuk memisahkan partikel-padatan halus yang masih terdapat dalam lumpur tinja dan menghasilkan lumpur yang lebih bersih dan lebih kental.

Proses *sand filter* pada instalasi pengolahan lumpur tinja biasanya terjadi setelah proses aerasi atau proses biologi. Setelah lumpur tinja mengalami proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, lumpur tersebut dialirkan ke *sand filter*. Dalam filter ini, lumpur tinja dialirkan melalui lapisan pasir yang bertujuan untuk menyaring partikel-partikel padatan yang lebih halus.

Berikut merupakan foto unit *Sand Filter* dan ilustrasinya pada IPLT Sumur Batu yang dapat dilihat pada gambar 2.15 dan gambar 2.16.



Gambar 2.15 Unit Sand Filter



Gambar 2.16 Ilustrasi Sand Filter

2.5.8 Reservoir

Unit reservoir pada instalasi pengolahan lumpur tinja adalah komponen yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan supernatan yang telah melalui proses pengolahan. Reservoir ini biasanya terletak setelah tahap filtrasi atau pengolahan lainnya dan sebelum tahap selanjutnya dalam proses pengolahan lumpur tinja. Pada IPLT Sumur Batu, unit ini berfungsi untuk penampungan air limbah yang telah melalui proses pengolahan dan memenuhi persyaratan baku mutu sehingga dapat disalurkan ke badan kali/sungai. Berikut merupakan foto unit Kolam Reservoir pada IPLT Sumur Batu yang dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Unit Reservoir

2.6 Pengoperasian, Pemeliharaan dan Pemantauan Instalasi Pengolahan lumpur Tinja

Sebuah instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) memerlukan pengoperasian dan pemeliharaan. Operasi mengacu pada semua kegiatan yang diperlukan untuk memastikan bahwa IPLT memberikan layanan pengolahan yang telah dirancang, dan pemeliharaan mengacu pada semua kegiatan untuk memastikan peralatan dan infrastruktur berfungsi dalam jangka panjang (Braustetter, 2007). Bahkan sistem IPLT yang paling sederhana pun memerlukan input finansial, teknis, dan manajerial untuk memastikan pengoperasian yang berkelanjutan. Sementara banyak kegiatan operasi dan pemeliharaan bersifat spesifik, maka diharuskan untuk memasukkan informasi berikut:

- Prosedur IPLT dalam penerimaan pembongkaran fases tinja.
- Pengoperasian teknologi tertentu.
- Program pemeliharaan untuk aset pengolahan untuk memastikan operasi jangka panjang dan untuk meminimalisir kerusakan.
- Prosedur pemantauan dan pelaporan dalam pengoperasian dan pemeliharaan.
- Manajemen aspek kesehatan dan keselamatan untuk perlindungan pekerja dan lingkungan.
- Struktur organisasi, distribusi dan pengelolaan aspek administrasi.

- Prosedur penyimpanan lumpur tinja di lokasi dan transportasi di luar lokasi.

IPLT sering dikaitkan dengan gangguan seperti bau, lalat dan nyamuk, serta kebisingan. Fasilitas yang dekat dengan pemukiman harus memasang kontrol pencegahan. Ini termasuk IPLT yang memanfaatkan kolam stabilisasi yang terletak di dekat area pemukiman dimana pengendalian nyamuk merupakan persyaratan penting. Untuk IPLT yang didirikan dengan cara tersebut, perlu diatur untuk akses melalui area pemukiman, minimasi kebisingan dan debu yang dihasilkan oleh truk. Faktor spesifik lokasi lain yang dapat memengaruhi biaya pengoperasian dan pemeliharaan meliputi:

- Posisi IPLT dan air tanah yang dapat menimbulkan pencemaran pada sumber daya air.
- Kedalaman tanah yang berpengaruh pada peralatan dan instalasi.

Jumlah tinja yang dikumpulkan dan dialirkan ke instalasi pengolahan dan waktu IPLT dioperasikan memiliki pengaruh secara signifikan pada biaya dan persyaratan O&M. Distribusi volume tinja pada IPLT sepanjang hari sangat penting dalam proses perencanaan karena laju aliran yang rendah atau tinggi di luar desain sistem pengolahan dapat berdampak signifikan pada efisiensi operasional. Maka dari itu, diawal tahap perencanaan harus dipastikan bahwa teknologi yang dipilih sesuai dengan kondisi lokal dan juga dimensi unit juga dapat mengakomodasi kapasitas yang diharapkan.

2.7 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa peneliti yang sudah pernah melakukan evaluasi terhadap kinerja IPLT pada waktu dan lokasi yang berbeda. Peneliti tersebut melakukan sebuah evaluasi dengan melihat dari beberapa aspek, diantaranya yaitu aspek teknis, aspek ekonomi dan aspek sosial budaya. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu mengenai evaluasi kinerja IPLT.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Hasil
(Oktarina & Helmi, 2013)	Unit pengolahan Lumpur yang digunakan di IPLT Sukawinatan ini hanya terdapat 1 unit, yaitu Sedimentasi. Sehingga, IPLT tersebut sangat tidak layak dan harus ditambahkan unit pengolahannya agar pengolahan limbah menjadi optimal.
(Mega & Herumurti, 2016)	Karakteristik efluen limbah di IPLT Keputih memiliki baku mutu yang sesuai pada baku mutu Kepmen LH No. 5/2014, tetapi baku mutu tidak sesuai jika mengacu pada baku mutu Pergub Jatim No. 72/2013
(Nasrullah, 2007)	Berdasarkan survei yang dilihat dari aspek sosial dan ekonomi, serta kuisioner yang mana mayoritas warga setempat sudah memiliki <i>Septic Tank</i> , maka IPLT layak untuk di bangun. Berdasarkan dari hasil analisis dampak lingkungan, alasan IPLT ini layak didirikan dikarenakan tidak ditemukannya dampak negatif yang signifikan. Jika ditemukan dampak negatif dari kegiatan prakonstruksi, konstruksi dan pasca konstruksi, maka melalui rencana pemantauan dan pengelolaan lingkungan dapat meminimalisir dampak negatif tersebut.
(Taweesan, 2015)	Berdasarkan hasil survei, sebagian kota ditemukan terdapat truk tinja yang tidak memadai, sehingga buruknya dalam efisiensi penyedotan. Selain itu, teknologi yang dipakai tidak sesuai standar, biaya investasi yang tinggi dan biaya penagihan yang rendah.
(Anggraeni, 2014)	Rendahnya tingkat kesadaran pemerintah daerah dalam pengelolaan lumpur tinja, diantaranya 134 dari 507 kabupaten dan kota di Indonesia yang sudah mengelola lumpur tinja di IPLT, sisanya lumpur tinja diatasi dengan dibuang kesungai atau kebun.
(Hanchett et al., 2003)	Ditemukan pada rumah menengah kebawah di kota-kota kecil negara Bangladesh masih menggunakan jamban dengan lubang tunggal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis opsi pompa apa saja yang dapat membersihkan lubang pada jamban tersebut, serta menganalisis prosedur pengeringan dan komposting yang tepat dalam pengayaan nutrisi dan inaktivasi patogen untuk penggunaan kembali lumpur sebagai pupuk.

(Zhein, 2015)	Terjadi pencampuran antara limbah cair domestik dengan lumpur tinja di IPAL Balai PISAMP DIY dengan diketahui debit = 3149 m ³ /hari, Beban COD = 675 kg/hari dan beban BOD = 248 kg/hari. Nilai beban pencemaran tersebut masih diterima, dikarenakan masih memenuhi kriteria desain
(Arlina et al., 2019)	Unit Pengolahan pada IPLT Sewon masih Kurang pada efisiensi penyisihan untuk parameter BOD, COD, TSS dan amonia, hanya parameter total coliform saja yang sudah efektif. Kinerja unit pengolahan lumpur tinja secara keseluruhan belum memenuhi kriteria yang berlaku dan kurang optimal dilihat dari efisiensi penyisihan yang melebihi baku mutu dan debit lumpur tinja yang melebihi kapasitas desain unit pengolahan. Unit pengolahan lumpur tinja pada IPLT sewon ini masih terbilang belum memiliki kinerja yang optimal karena masih belum memenuhi kriteria yang berlaku jika dilihat dari efisiensi penyisihan dan debit lumpur tinja yang masuk masih melebihi kapasitas desain.
(Rasawula Lukman et al., 2021)	Terdapat beberapa hal yang tidak memenuhi kriteria pada IPLT Kendari berdasarkan departemen PU 1998, seperti beberapa unit masih memiliki standar dimensi yang jauh dari kriteria yang berlaku, contohnya tangki imoff hanya memiliki ketinggian 3,7 m, sedangkan standar kriterianya yaitu 6 – 9 m. Lalu, permasalahan selanjutnya yang harus di evaluasi yaitu parameter BOD yang masih belum memenuhi baku mutu, dimana diketahui konsentrasi BOD yaitu 125 mg/L sedangkan baku mutu yang berlaku yaitu 100 mg/L.

Dilihat dari ringkasan penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa kondisi Instalasi pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di beberapa daerah masih belum optimal dan harus dilakukan perbaikan, masih banyak kendala jika dilihat dari beberapa aspek, seperti kurangnya efisiensi penyisihan pada unit pengolahan, kurangnya kuantitas pada truk tinja, kapasitas desain IPLT kurang memadai dibanding debit yang masuk, unit pengolahan yang tidak sesuai dan pemerintah yang memiliki tingkat kesadaran yang rendah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

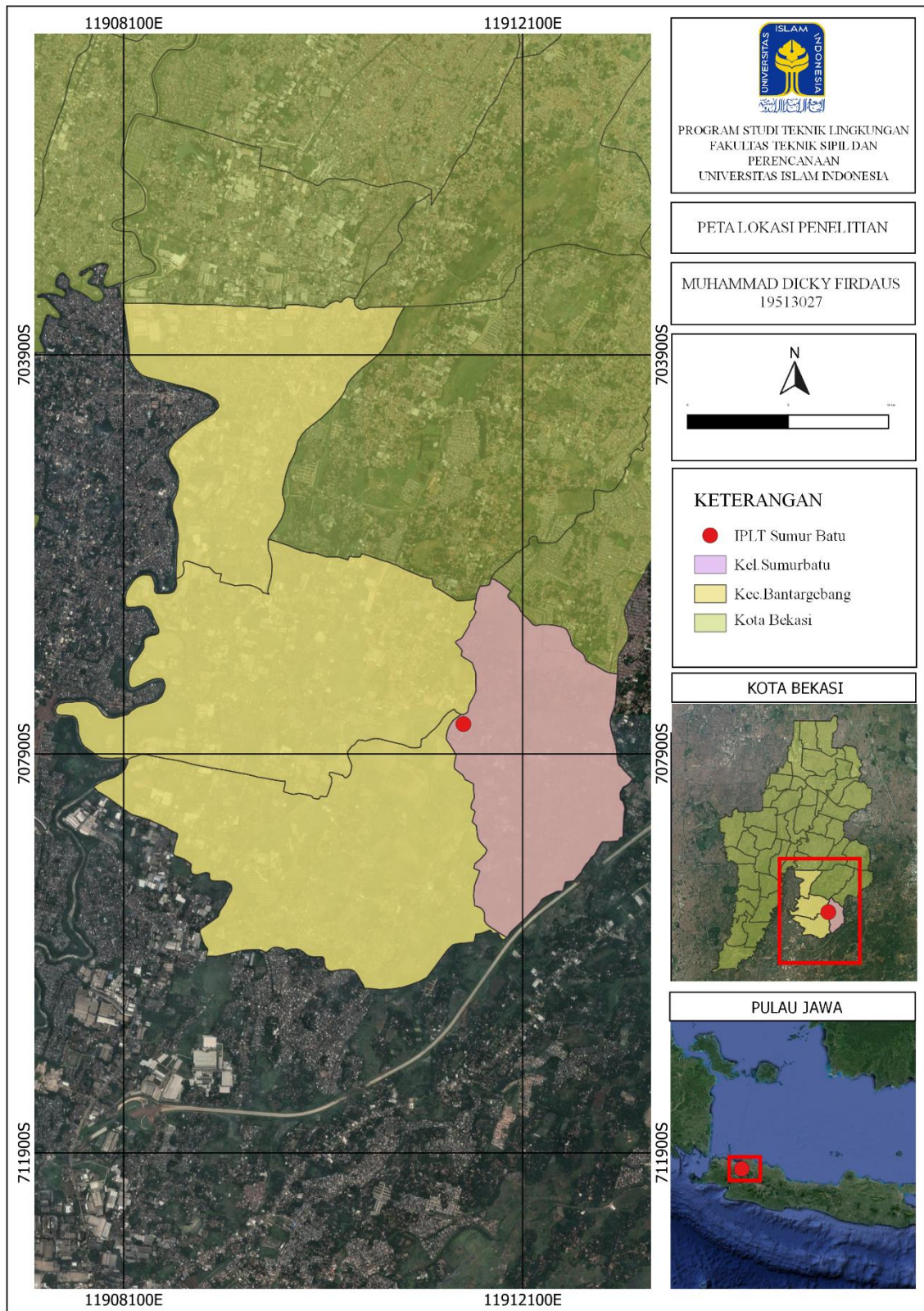
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini akan dilakukan di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Sumur batu, Jl. Pangkalan II, RT.001/RW.003, Kelurahan Sumur Batu, Kecamatan Bantar Gebang, Kota Bekasi, Jawa Barat 17153. Sedangkan untuk menganalisis sampel lumpur tinja akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Alasan IPLT Sumur Batu dipilih sebagai lokasi penelitian, dikarenakan peneliti pernah melakukan kegiatan kerja praktek selama 1 bulan di lokasi tersebut, sehingga peneliti cukup mengetahui bagaimana sistem dan kinerja pengolahan pada IPLT tersebut. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, yaitu pada bulan April hingga Juni 2023.

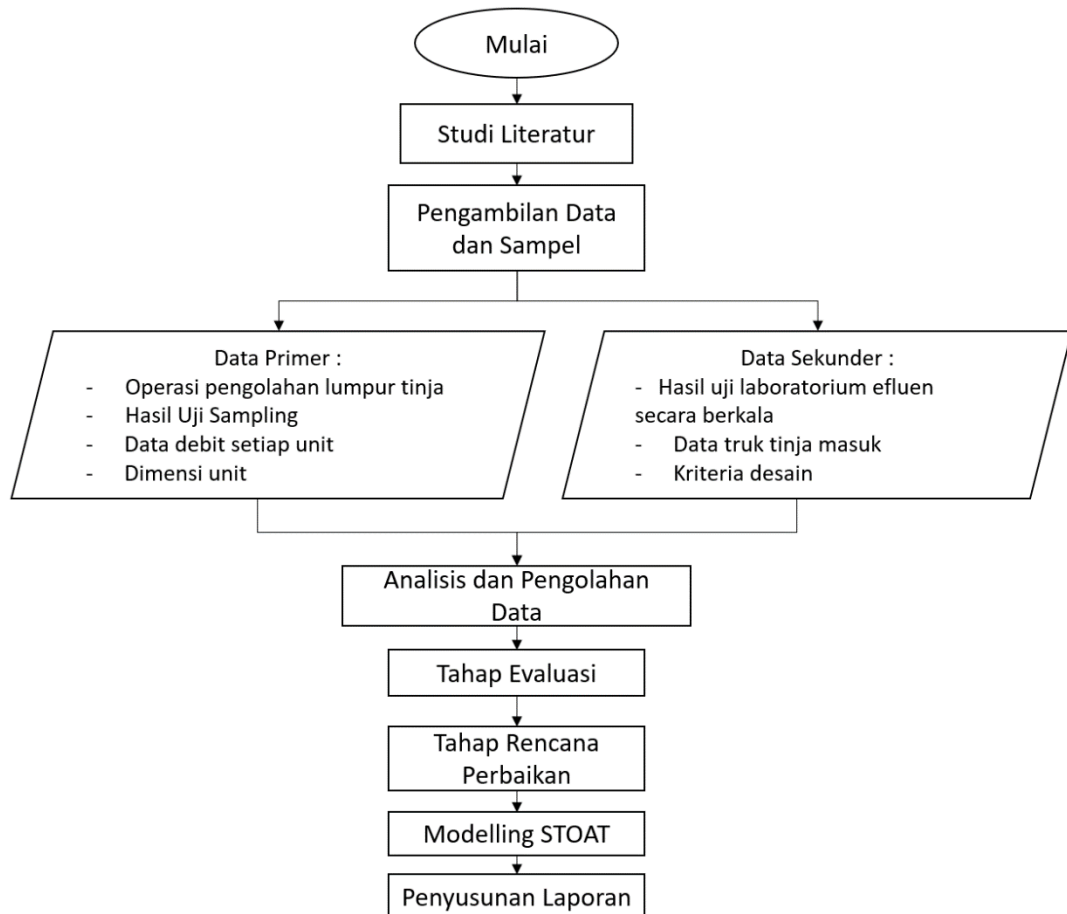
Berikut merupakan peta lokasi dilakukannya penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Diagram Alir Penelitian

Terdapat beberapa tahapan pada penelitian ini, berikut merupakan diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Metode Penelitian

Metode yang dipakai pada penelitian ini yaitu pengukuran dan perhitungan yang didapatkan melalui survei di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Sumur Batu. Survei ini meliputi tahap pengumpulan data dan tahap analisis data.

Berikut merupakan data yang dibutuhkan pada penelitian ini :

1. Data Primer

Data Primer ini merupakan data yang didapatkan dari survey lapangan berupa hasil pengamatan dan pengukuran yang berupa sebagai berikut :

- Debit air limbah IPLT Sumur Batu berdasarkan data truk tinja yang masuk
- Dimensi setiap unit pengolahan
- Operasi pengolahan lumpur tinja
- Data Hasil sampling (didapatkan dari hasil analisis di laboratorium)

2. Data Sekunder

Dapat diperoleh data sekunder dari IPLT Sumur Batu, sebagai berikut :

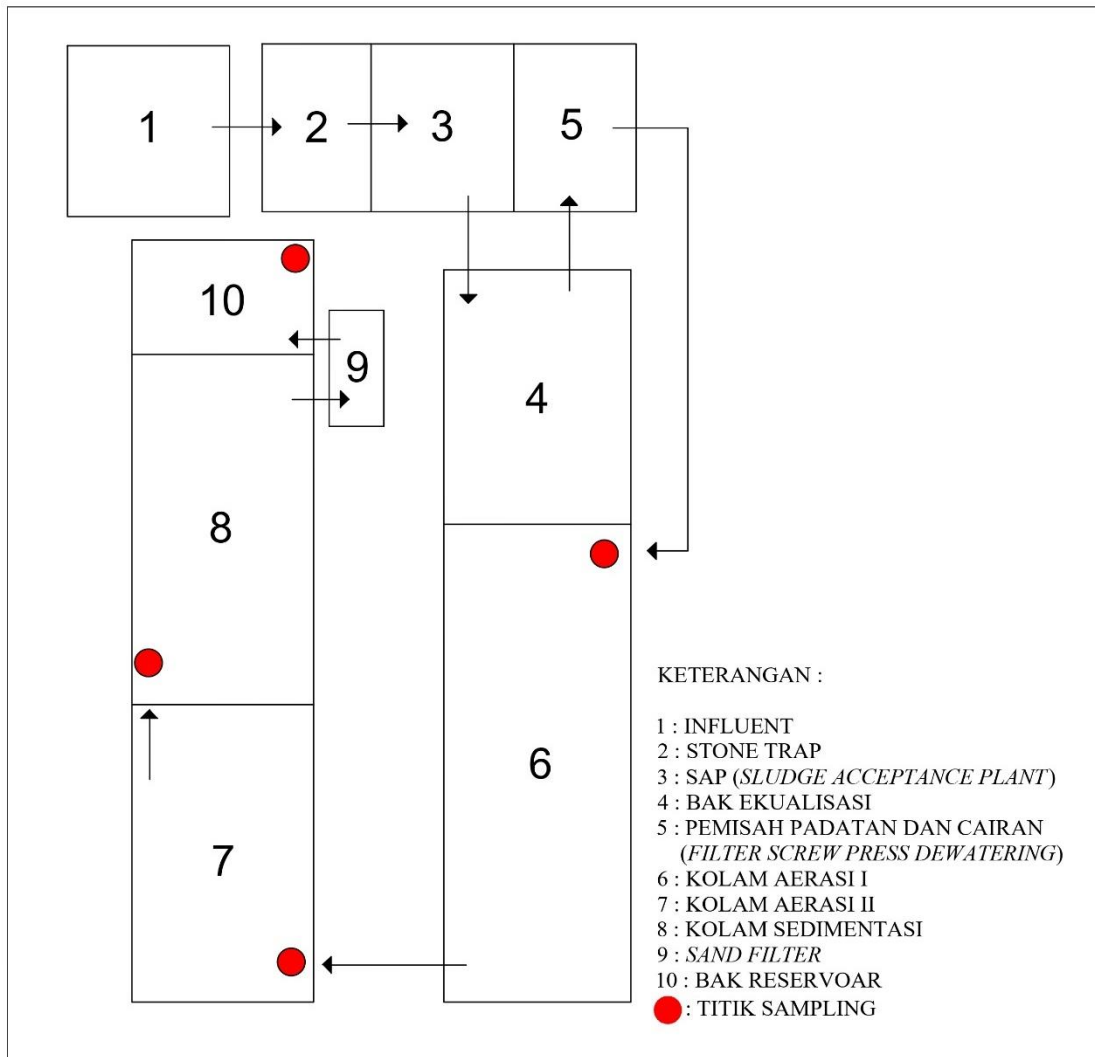
- Diagram alir proses pengolahan limbah di IPLT Sumur Batu
- Baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik
- Hasil uji laboratorium efluent secara berkala setiap bulan

3.4 Tahapan Perencanaan

Tahapan perencanaan berisi tentang penjelasan alur penelitian ini, Berikut merupakan penjelasan dari setiap tahapannya.

3.4.1 Sampling Air Limbah di IPLT Sumur Batu

Sampling air limbah dilakukan pada tanggal 5 Mei 2023. Metode yang digunakan untuk sampling yaitu pengambilan sampel secara Grab Sampling. sampel ini diambil sebanyak 4 titik pada unit pengolahan di IPLT, yaitu Inlet Aerasi 1, Inlet Aerasi 2, Inlet Sedimentasi dan Reservoir. Pengambilan sampel ini dilakukan hanya satu kali dalam satu waktu. Grab Sampling adalah sampling yang dilakukan secara langsung pada satu titik dan waktu tertentu, lalu dianalisis lebih lanjut di Laboratorium. Metode ini digunakan variasi debit pada masing-masing unit IPLT tidak diketahui. Acuan pada pengambilan sampel ini yaitu SNI 6989:59:2008 tentang pengambilan sampel pada air limbah. Berikut merupakan denah titik sampling pada unit pengolahan IPLT Sumur Batu.



Gambar 3.3 Denah Titik Sampling

3.4.2 Pengujian Karakteristik dan Neraca Air Limbah

Masing-masing parameter dari sampel lumpur tinja akan diuji karakteristiknya dengan metode tertentu. Sampel yang diambil, kemudian diawetkan di laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan mengacu pada metode SNI 6989 dan *APHA Method*. Metode analisis yang digunakan pada pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Metode Analisis Pengujian Lumpur Tinja

No	Parameter	Satuan	Metode	SNI
1	BOD	mg/L	Titration menggunakan iodometri	SNI 6989.11-2004
2	COD	mg/L	Dengan refluks tertutup secara spektrofotometri	SNI 06-6989.11-2004
3	TSS	mg/L	Secara gravimetri	SNI 06-6989.11-2004
4	Ammonia	mg/L	Secara fenat dengan spektrofotometri	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan Lemak	mg/L	Secara gravimetri	SNI 6989.10-2011

Kemudian diperlukannya pembuatan neraca air limbah pada penelitian ini, agar dapat diketahui debit, beban air limbah setiap parameter yang masuk pada setiap unit di IPLT Sumur Batu, yang mana neraca air limbah ini dibuat dalam bentuk diagram alir.

3.4.3 Evaluasi Kriteria Desain dengan Kondisi Eksisting

Penyesuaian kriteria desain dengan kondisi eksisting adalah proses untuk mengevaluasi apakah desain suatu IPLT sudah sesuai dengan kriteria desain dan mampu menangani beban air limbah yang masuk. Kriteria desain didapat dari literatur jurnal penelitian terdahulu dan buku tentang pengolahan limbah domestic, yang kemudian dilakukan perbandingan terhadap hasil perhitungan seperti *hydraulic retention time*, beban organik dan kriteria lainnya, yang diperhitungkan menggunakan data sekunder IPLT seperti debit limbah, dimensi unit, karakteristik limbah tinja dan efisiensi removal. Maka dari itu, kelayakan desain dari kondisi eksisting setiap unit di IPLT Sumur Batu dapat diketahui. Jika ditemukan ketidaksesuaian antara kriteria desain dengan kondisi eksisting pada unit, maka perlu adanya perbaikan atau perbaikan ulang pada IPLT Sumur Batu. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa IPLT dirancang dengan kapasitas yang cukup untuk mengolah dan memenuhi standar pengolahan air limbah yang ditetapkan.

Berikut merupakan kriteria desain dan rumus perhitungan unit Kolam Aerasi dan Kolam Sedimentasi untuk mengetahui nilai dari setiap parameternya.

➤ Kolam Aerasi

Tabel 3.2 Kriteria Desain Kolam Aerasi

Parameter	Nilai	Satuan	Referensi
Waktu Retensi	2 - 6	Hari	(PUPR, 2017)
Laju Beban Organik	20 - 30	gBOD/m ³ .hari	(PUPR, 2017)
Kedalaman (meter)	3 - 5	Meter	(PUPR, 2017)

Perhitungan Kolam Aerasi :

- Waktu Retensi

$$\frac{Volume}{Q} \quad (1)$$

Dimana :

Volume = Volume kolam aerasi (m³)

Q = Debit limbah yang masuk (m³/hari)

- Beban Organik

$$\frac{cBOD\ in\ x\ Q}{Volume} \quad (2)$$

Dimana :

Volume = Volume kolam aerasi (m³)

cBOD in = Konsentrasi BOD yang masuk (g/m³)

Q = Debit limbah yang masuk (m³/hari)

➤ Kolam Sedimentasi

Tabel 3.3 Kriteria Desain Kolam Sedimentasi

Parameter	Nilai	Satuan	Referensi
<i>Solid Loading Rate (SLR)</i>	4 - 6	kg/m ² .hari	(Tchobanoglous et al., 2014)
<i>Surface Overflow Rate (SOR)</i>	16 - 28	m ³ /m ² .hari	(Tchobanoglous et al., 2014)
Kedalaman	4 - 5,5	meter	(Tchobanoglous et al., 2014)
Bilangan Reynolds	< 2000	-	(Tchobanoglous et al., 2014)
Bilangan Froude	>10 ⁻⁵	-	(Tchobanoglous et al., 2014)
Waktu detensi	1 - 3	jam	(Tchobanoglous et al., 2014)
Rasio P : L	2 : 1	-	(Tchobanoglous et al., 2014)
Removal BOD	30 - 40 %	Persen	(Metcalf & Eddy 1991)
Removal COD	30 - 40 %	Persen	(Metcalf & Eddy, 1991)
Removal TSS	50 - 65 %	Persen	(Metcalf & Eddy, 1991)
Removal NH3	79 %	Persen	(Quraini et al., 2022)
Removal O&G	46 - 60%	Persen	(Salmariza, 2011)

Perhitungan kolam sedimentasi :

- SLR

$$\frac{Q \times MLSS}{A \text{ surface}} \quad (3)$$

Dimana :

Q = Debit limbah yang diolah (m³/hari)

MLSS = Konsentrasi TSS influen kolam aerasi (mg/L)

A surface = Luas permukaan kolam sedimentasi (m²)

- SOR

$$\frac{Q}{A \text{ surface}} \quad (4)$$

Dimana :

Q = Debit limbah yang diolah (m³/hari)

A surface = Luas permukaan kolam sedimentasi (m²)

- Td (waktu detensi)

$$\frac{Volume}{Q} \quad (5)$$

Dimana :

Volume = Volume kolam sedimentasi

Q = Debit limbah yang diolah (m³/hari)

- Vh (kecepatan horizontal)

$$\frac{P}{Td} \quad (6)$$

Dimana :

P = Panjang kolam sedimentasi (m)

Td = Waktu tinggal (detik)

- R (jari-jari hidrolis)

$$\frac{(L \times H)}{(L+2H)} \quad (7)$$

Dimana :

L = Lebar kolam sedimentasi (m)

H = Kedalaman kolam sedimentasi (m)

- Nre (*number of reynolds*)

$$\frac{(Vh \times R)}{Viskositas\ Kinematis} \quad (8)$$

Dimana :

Vh = Kecepatan horizontal (m/s)

R = Jari-jari hidrolis (m)

3.4.4 Rencana Perbaikan Pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu

Setelah melakukan analisis terhadap kondisi eksisting, karakteristik efluen, sistem pengolahan IPLT Sumur Batu dan sudah menemukan kriteria desain yang tepat untuk IPLT Sumur Batu, maka tahap selanjutnya yaitu melakukan evaluasi dan perbaikan berdasarkan ketidaksesuaian antara kriteria desain dan kondisi eksisting dengan mendesain ulang unit pengolahan yang ada dan dikombinasikan dengan alternatif unit yang baru. Perbaikan ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja dari sistem pengolahan IPLT, sehingga limbah yang diolah memiliki karakteristik efluen yang memenuhi baku mutu. Mendesain ulang unit dilakukan dengan menyesuaikan dimensi berdasarkan perhitungan yang mengacu kriteria desain. Adapun untuk penambahan unit, maka hal yang harus diperhatikan yaitu ketersediaan lahan, dimana berdasarkan hasil wawancara terhadap Kepala Bagian Operasional, IPLT Sumur Batu memiliki ketersediaan lahan yang memadai jika diperlukan penambahan unit.

3.4.5 Modelling IPLT Menggunakan STOAT

Software STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis over Time) adalah salah satu perangkat lunak yang digunakan sebagai pemodelan yang dikembangkan oleh perusahaan Inggris yang bernama WRC plc. Fungsi *Software STOAT*) yaitu untuk mensimulasikan proses yang terjadi pada pengolahan air limbah yang telah ada maupun yang sudah dirancang, untuk melihat efisiensi kinerjanya.

Menurut jurnal yang ditulis (Issa, 2019), Simulasi ini juga dapat mengoptimalkan kinerja IPAL terdahulu dengan menerapkan modifikasi pada teknologinya. Jurnal yang ditulis (Gao, et al., 2016) juga menyebutkan bahwa STOAT mampu memodelkan dan mensimulasikan lebih dari 40 jenis teknologi pengolahan yang digunakan dalam sistem IPAL atau IPLT yang diantaranya yaitu *Primary Tank, Sequencing Batch Reactor, Trickling Filter, Activated Sludge, Sludge Treatment* dan lain sebagainya. Sebagai contoh pada simulasi yang dilakukan menggunakan teknologi *Activated Sludge* terdiri dari beberapa proses model, yaitu ASAL1, ASAL2, ASAL3, ASAL5, dan lain-lain. Kode tersebut

menunjukkan jenis turunan pada *Activated Sludge* yang berfungsi dalam menunjukkan perbedaan pada proses pengolahan. Output yang dihasilkan dari STOAT yaitu berupa grafik dan data yang dapat menunjukkan kinerja dari pengolahan IPLT.

Data-data yang diinput untuk mensimulasi proses pengolahan yakni berupa data sekunder IPLT, yaitu debit influen, konsentrasi parameter uji, dimensi unit pengolahan dan data pendukung lainnya, yang kemudian didapatkan hasil kinerja terhadap IPLT berdasarkan pemodelan menggunakan STOAT. Melalui *software* STOAT diharapkan mampu menghemat waktu perencanaan dan mempermudah dalam mengetahui kekurangan dari sistem IPLT yang telah direncanakan sebelumnya.

Tahapan Simulasi Menggunakan *Software* STOAT

Untuk melakukan Pengerjaan *modelling* IPLT menggunakan STOAT, terdapat tahapan-tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil kinerja pengolahan IPLT. Berikut merupakan tahapan pengerjaan *modelling* menggunakan STOAT.

- 1) Mem-plotting/merancang susunan unit pengolahan air limbah sesuai kondisi eksisting pada IPLT/IPAL.
- 2) Memasukan data Volume, jumlah fase, jumlah resirkulasi dan data pendukung lainnya pada unit pengolahan dengan meng-klik "*Name and Dimenssion*". Berikut merupakan tampilan menu "*Name and Dimenssion*".

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Name:

Process model:

Volume (m³):

Number of stages:

Number of MLSS recycles:

Wastage method

None

Continuous rate

Variable rate

Variable time

Stage from which MLSS is wasted:

Stage in which MLSS is measured:

Gambar 3.4 Tampilan Name and Dimension

- 3) Selanjutnya klik “New Run” pada “File” yang menunjukkan lembar kerja siap untuk dikerjakan.
- 4) Kemudian memasukan Data input influen seperti kadar *Soluble BOD*, *Particulate BOD*, *Volatile Solid*, *Non-Volatile Solid*, *Ammonia*, *Soluble COD*, *Particulate COD*, *Dissolved oxygen*, dan data lainnya, yang dimasukkan pada ikon “Influen” dengan cara memilih “Generate Profil : Advanced” dan hasil input data akan ditunjukkan dalam tampilan tabel seperti yang terlihat pada gambar berikut.

	Elapsed time (h)	Flow (m ³ /h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)
1	0.000000	3.250000	30.000000	8.000000	197.000000	228.000000	367.000000	1140.000000	787.000000	2660.000000
2	1.000000	3.671149	30.000000	8.000000	222.528100	257.545200	414.557400	1287.726000	888.982700	3004.694000
3	2.000000	4.063518	30.000000	8.000000	246.311700	285.071400	458.864900	1425.357000	983.996400	3325.833000
4	3.000000	4.400294	30.000000	8.000000	266.725500	308.697600	496.894800	1543.488000	1065.548000	3601.472000
5	4.000000	4.658465	30.000000	8.000000	282.374600	326.809200	526.048200	1634.046000	1128.065000	3812.774000
6	5.000000	4.820387	30.000000	8.000000	292.189600	338.168700	544.332900	1690.844000	1167.275000	3945.302000
7	6.000000	4.874996	30.000000	8.000000	295.499800	341.999700	550.499600	1709.999000	1180.499000	3989.997000
8	7.000000	4.818560	30.000000	8.000000	292.078900	338.040500	544.126600	1690.203000	1166.833000	3943.806000
9	8.000000	4.654935	30.000000	8.000000	282.160700	326.561600	525.849600	1632.808000	1127.210000	3809.885000
10	9.000000	4.395303	30.000000	8.000000	266.423000	308.347400	496.331100	1541.737000	1064.339000	3597.386000
11	10.000000	4.057406	30.000000	8.000000	245.941200	284.642600	458.174800	1423.213000	982.516500	3320.831000
12	11.000000	3.664334	30.000000	8.000000	222.115000	257.067100	413.787900	1285.336000	887.332600	2999.117000
13	12.000000	3.242949	30.000000	8.000000	196.572600	227.505300	366.203800	1137.527000	785.292500	2654.229000
14	13.000000	2.822045	30.000000	8.000000	171.059400	197.977300	318.674000	989.886700	683.369100	2309.736000
15	14.000000	2.430386	30.000000	8.000000	147.318800	170.500900	274.446700	852.504700	588.527300	1989.178000
16	15.000000	2.094736	30.000000	8.000000	126.973200	146.953800	236.544000	734.768900	507.248400	1714.461000
17	16.000000	1.838032	30.000000	8.000000	111.413000	128.945000	207.556200	644.724900	445.086400	1504.358000
18	17.000000	1.677815	30.000000	8.000000	101.701400	117.705200	189.464000	588.525800	406.289300	1373.227000
19	18.000000	1.625034	30.000000	8.000000	98.502080	114.002400	183.503900	570.012100	393.508300	1330.028000
20	19.000000	1.683297	30.000000	8.000000	102.033700	118.089800	190.083100	590.448900	407.616900	1377.714000
21	20.000000	1.848621	30.000000	8.000000	112.054900	129.687900	208.752000	648.439500	447.650800	1513.026000
22	21.000000	2.109710	30.000000	8.000000	127.880900	148.004300	238.234900	740.021300	510.874400	1726.716000
23	22.000000	2.448721	30.000000	8.000000	148.430200	171.787200	276.517100	858.935900	592.967200	2004.184000
24	23.000000	2.842488	30.000000	8.000000	172.298500	199.411400	320.982500	997.057300	688.319300	2326.467000

Gambar 3.5 Influen Pattern IPLT Sumur Batu pada Software STOAT

- 5) Memasukkan data inputan pada setiap unit teknologi, dimana pada unit *Activated Sludge* diperlukan input data yang dimasukkan pada “*Initial Condition*” dan “*Stage data*”, dan pada *secondary clarifier* diperlukan input data yang dimasukkan pada “*Initial Condition*” dan “*Operation*”. Data-data tersebut berupa data seperti karakteristik parameter, kadar oksigen terlarut, *feed distribution*, Volume, dan data pendukung lainnya. Berikut merupakan tampilan dari setiap menu yang sudah dijelaskan diatas.

Flow distribution data

		Stage 1
1	Volume distribution:	1.000
2	Feed distribution:	1.000
3	Return activated sludge distribution:	1.000
4	Minimum K _{la} (1/h):	2.000
5	Maximum K _{la} (1/h):	10.000
6	Dissolved oxygen set point (mg/l):	2.000
7	Stage where DO is to be measured:	1

OK Cancel Reset Help

Gambar 3.6 Tampilan Stage data pada activated Sludge

Initial data

		Stage1
1	Soluble BOD (mg/l):	100000.00
2	Ammonia (mg/l):	2000.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	0.00
6	MLSS (mg/l):	300000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	100.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	10000.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00

OK Cancel Reset Help

Gambar 3.7 tampilan initial condition pada Activated Sludge

Initial data

	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Soluble BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Ammonia (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Particulate phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Mixed liquor suspended solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Non-settleable (viable) solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Gambar 3.8 tampilan Initial Condition pada Secondary Clarifier

Operation data

	Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	Change 8
1	Change of time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	RAS flow (m ³ /h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	RAS rate:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Sludge wastage flow (m ³ /h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Wastage pump run time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Wastage cycle time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	MLSS set point (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Gambar 3.9 Tampilan Operation pada Secondary Clarifier

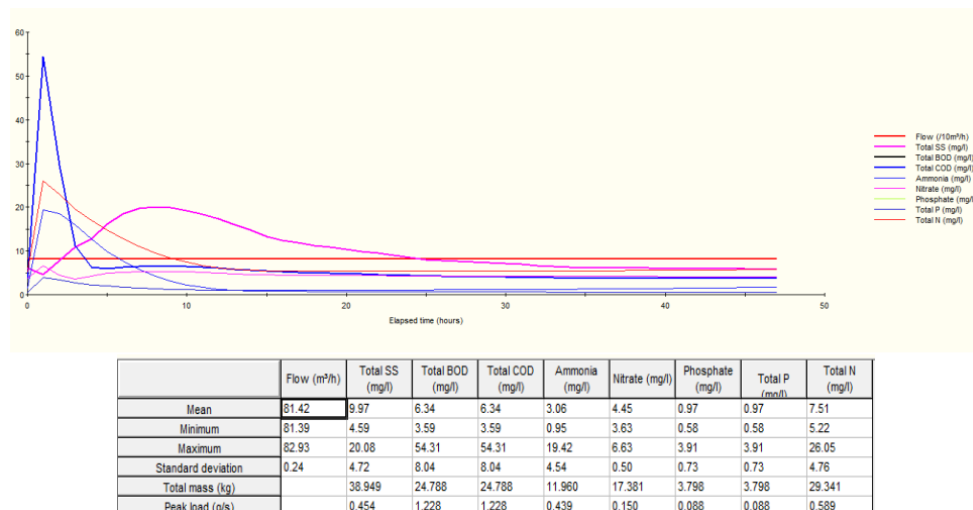
- 6) Selanjutnya, meng-input data resirkulasi lumpur pada unit yang memiliki sistem resirkulasi dengan meng-klik “MLSS Recycle”. Data yang dimasukkan yaitu terdapat debit resirkulasi lumpur, debit lumpur buangan dan jumlah resirkulasi. Berikut merupakan tampilan menu MLSS recycle.

MLSS recycle data

		Recycle 1
1	Stage from where MLSS recycle leaves:	2
2	Stage to which MLSS recycle goes:	1
3	MLSS recycle flowrate (m ³ /h):	0.000

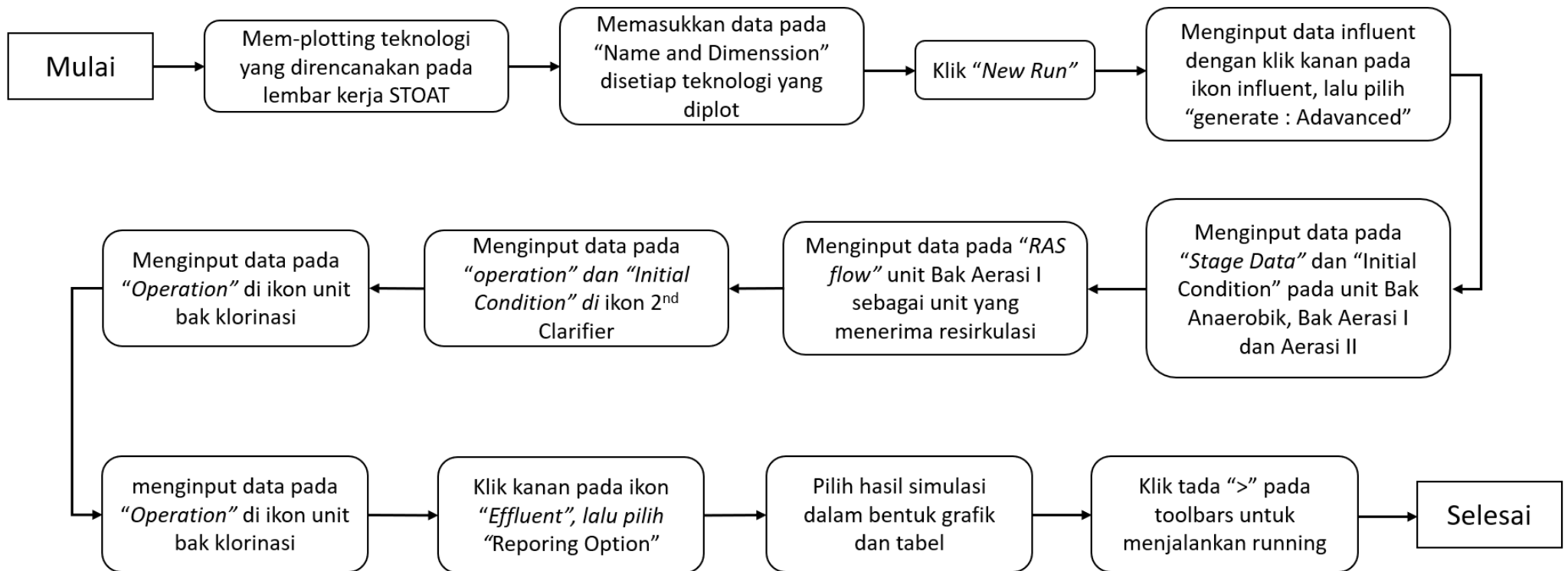
Gambar 3.10 Tampilan MLSS Recycle

- 7) Setelah semua data diinput pada setiap unit, tahap selanjutnya yaitu *running* hasil pemodelan untuk mengetahui kinerja dari sistem pengolahan pada IPLT/IPAL, dengan meng-klik *Reporting Options* pada ikon *Efluen*, lalu memilih parameter yang ingin ditampilkan pada “*Determinands*”. Berikut merupakan contoh tampilan hasil simulasi pemodelan menggunakan STOAT.



Gambar 3.11 Contoh Tampilan Hasil Simulasi Pemodelan STOAT

Untuk lebih jelasnya, tahapan pengerjaan menggunakan Software STOAT dapat dilihat pada diagram alir pengerjaan yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 berikut ini:



Gambar 3.12 Diagram Alir Tahapan Pengerjaan STOAT

3.5 Analisis Data

Analisis data digunakan untuk mengetahui karakteristik limbah tinja dan kinerja pengolahan IPLT Sumur Batu. Berikut merupakan tahapan yang dilakukan dalam menganalisis data dilakukan dengan uji karakteristik terhadap lumpur tinja.

3.5.1 Evaluasi Kinerja IPLT dalam Menurunkan Konsentrasi Beban Pencemar

Data karakteristik lumpur tinja pada tiap unit pengolahan diperoleh dari hasil uji laboratorium yang meliputi parameter BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak. Data-data tersebut dapat mengetahui performa unit pengolahan supernatan dengan mendapatkan hasil efisiensi removal pada tiap unit. Hasil efisiensi removal dibandingkan kesesuaiannya dengan kriteria desain, dimana jika efisiensi removal yang didapat tidak sesuai, maka dapat disimpulkan bahwa unit pengolahan supernatan beroperasi secara tidak optimal.

3.5.2 Evaluasi Kesesuaian antara Kriteria Desain dengan Eksisting Pengolahan

Tahap Selanjutnya yaitu dilakukan perbandingan antara kriteria desain dengan kondisi lapangan pada tiap unit pengolahan supernatan. Contoh kriteria yang dibandingkan pada unit kolam aerasi yaitu berupa *hydraulic retention time*, beban organik dan efisiensi removal. Adapun kriteria yang dibandingkan pada unit kolam sedimentasi yaitu berupa *solid loading rate*, *solid overflow rate*, *numbering of Reynold*, waktu detensi, dimensi unit dan efisiensi removal.

3.5.3 Evaluasi dan Perbaikan

jika ditemukan adanya ketidaksesuaian antara kriteri desain dengan kondisi eksisting, maka akan dilakukan evaluasi dan perbaikan. Perbaikan ini dapat dilakukan dengan melakukan desain ulang pada unit pengolahan supernatan yang diketahui beroperasi secara tidak optimal dan dapat dikombinasikan dengan alternatif unit yang baru, dengan harapan kerakteristik efluen yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu, sehingga efluen yang dibuang aman bagi lingkungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi Perencanaan

Diperlukan evaluasi perencanaan untuk mengoptimalkan kinerja dari pengolahan IPLT untuk mendapatkan hasil efluen yang memenuhi standar baku mutu air limbah domestik PermenLHK Nomor 68 tahun 2016. Kualitas limbah dapat dilihat dari karakteristik dengan mengukur jumlah kandungan bahan pencemar yang terdiri dari berbagai parameter. Semakin kecil nilai konsentrasi pada limbah yang dihasilkan, maka semakin kecil kemungkinan lingkungan dapat tercemar (Kristanto, 2007).

Evaluasi perencanaan ini dilakukan dengan membandingkan kriteria desain dengan kondisi eksisting, dan menganalisis kemampuan removal dari setiap unit pengolahan supernatan untuk mengetahui kinerja dari sistem pengolahan tersebut. Evaluasi perencanaan ini dilakukan dengan menghitung setiap aspek pada kriteria desain dengan data debit influen.

4.1.1 Data Primer Pengolahan IPLT Sumur Batu

4.1.1.1 Debit Eksisting IPLT Sumur Batu

Data debit yang diperoleh didapatkan dari truk tinja yang masuk ke IPLT Sumur Batu selama 2 (dua) minggu yang kemudian dirata-rata. Data truk tinja yang masuk diambil selama 1 (satu) minggu sebelum sampel diambil, dimana diketahui terdapat 151 truk tinja yang masuk dengan kapasitas setiap truk yaitu 4 m³. Berikut merupakan perhitungan debit yang masuk pada IPLT Sumur Batu.

- Truk tinja yang masuk = 151 truk/minggu
- Kapasitas Truk = 4 m³
- Debit awal pengolahan = 151 truk/ minggu x 4 m³
= 604 m³/minggu
= 86 m³/hari

Debit yang masuk pada pengolahan awal yaitu sebesar 86 m³/hari. Namun, berdasarkan desain pada laporan (Laporan Akhir IPLT Sumur Batu Tahap II & III, 2017), debit limbah tinja akan berkurang sebesar 10 % setelah melewati tahap pemisahan padatan dan cairan pada unit *filter screw press dewatering* yang akan masuk ke pengolahan supernatan. Jadi, debit yang masuk pada pengolahan supernatan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Debit pengolahan supernatan} &= 86 \text{ m}^3/\text{hari} - (10\% \times 86 \text{ m}^3/\text{hari}) \\ &= 86 \text{ m}^3/\text{hari} - 8,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 77,4 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 78 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan debit yang masuk pada pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu yaitu sebesar 78 m³/hari, dimana debit tersebut masih termasuk kategori *under capacity* dengan diketahui bahwa kapasitas pengolahan IPLT Sumur Batu yaitu 120 m³/hari (Laporan Akhir IPLT Sumur Batu Tahap II & III, 2017).

4.1.1.2 Dimensi Unit Pengolahan Eksisting IPLT Sumur Batu

BLUD UPTD PALD Kota Bekasi mengeluarkan *site plan* pada bulan september 2022 yang salah satunya berisi denah IPLT Sumur Batu beserta dimensinya, dimana menunjukkan panjang dan lebar pada setiap unit pengolahan. Sedangkan dimensi kedalaman didapatkan berdasarkan dokumen peningkatan IPLT Sumur Batu tahun 2016. Berikut merupakan dimensi pada setiap unit pengolahan IPLT Sumur Batu.

Tabel 4.1 Dimensi Unit Pengolahan IPLT Sumur Batu

No	Unit	Dimensi (m)		
		P	L	H
1	Stone Trap	2	1	1
2	SAP (<i>Sludge Acceptance Plant</i>)	5	1	1,5
3	Bak Ekualisasi	11,7	6	2,5
4	<i>Screw Filter Press Dewatering</i>	5,2	1,8	2,2
5	Kolam Aerasi 1	23,3	6	2,9
6	Kolam Aerasi 2	12,6	6	2,9

No	Unit	Dimensi (m)		
		P	L	H
7	Kolam Sedimentasi	18,1	6	2,9
8	<i>Sand Filter</i>	2	1	1,5
9	Reservoar	6	2,3	2

Sumber: Site Plan BLUD UPTD PALD Kota Bekasi, 2022 dan Dokumen Peningkatan IPLT Sumur Batu, 2016

4.1.1.3 Data Hasil Uji Laboratorium IPLT Sumur Batu

Berdasarkan hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh Instansi IPLT Sumur Batu, Hasil karakteristik outlet menunjukkan dibawah standar baku mutu. Karakteristik inlet pada tabel 4.2 yang diuji bulan september 2022 dan April 2023 merupakan hasil uji sampel yang diambil pada titik unit bak ekualisasi. Berikut merupakan hasil data uji lab IPLT Sumur Batu.

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Lab Laboratorium IPLT Sumur Batu

Parameter	Satuan	September 2022		April 2023		Mei 2023		Baku Mutu
		Inlet (bak ekualisasi)	Outlet	Inlet (bak ekualisasi)	Outlet	Inlet (kolam aerasi I)	Outlet	
BOD	mg/L	9449	1137	2407	133	1429	306	30
COD	mg/L	23622	2835	8134	437	5250	883	100
TSS	mg/L	10120	508	15963	49	3800	200	30
NH3	mg/L	80	2,3	101	37	20,28	7,05	10
O&G	mg/L	478	8	-	-	658	85	5

Sumber: Data Primer BLUD UPTD PALD Kota Bekasi

4.1.1.4 Beban Pencemar Inlet Pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu

Beban pencemar yang masuk didapatkan dari hasil perkalian antara karakteristik influen dan debit yang masuk pada kolam aerasi I. Berikut merupakan hasil karakteristik dan beban pencemar pada inlet pengolahan supernatan IPLT Sumur Batu yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.3 Konsentrasi dan Beban Pencemar pada Inlet Pengolahan Supernatan

Parameter	Satuan	Konsentrasi (mg/L)	Beban Pencemar (kg/hari)
BOD	mg/L	1429	111,46
COD	mg/L	5250	409,5
TSS	mg/L	3800	296,4
NH3	mg/L	20,28	1,58
Minyak & Lemak	mg/L	658	51,32

Sumber: Hasil Pengujian, 2023

4.1.2 Perbandingan Kriteria Desain Teori dengan Kondisi Eksisting

Perbandingan antara kriteria desain dan Kondisi Eksisting ini dilakukan pada unit kolam aerasi I & II dan kolam sedimentasi. Berikut merupakan pembahasan mengenai perbandingan antara kriteria desain dan eksisting pengolahan supernatan.

4.1.2.1 Kolam Aerasi

Kolam Aerasi adalah salah satu tahap penting dalam proses pengolahan air limbah yang berfungsi meningkatkan kandungan oksigen dalam air limbah dengan memberikan suplai udara secara terus-menerus (Goldyna & Restu, 2019). Kolam aerasi biasanya dilengkapi dengan sistem aerator atau difuser udara. Aerator menghasilkan gelembung-gelembung udara kecil yang ditiupkan ke dalam air limbah. Udara yang terbawa oleh gelembung-gelembung ini menyediakan oksigen bagi mikroorganisme aerob (yang membutuhkan oksigen) yang berperan dalam menguraikan bahan organik yang terdapat dalam air limbah (Dhamayanthie & Fauzi, 2017).

Tetapi berdasarkan pengujian karakteristik air limbah, kolam aerasi I & II pada IPLT Sumur Batu ini memiliki kinerja yang kurang baik jika dilihat dari efisiensi removal terhadap beban organik yang terkandung dalam limbah. Berikut merupakan perbandingan antara kriteria desain dengan kondisi kolam aerasi yang ada di lapangan:

Tabel 4.4 Perbandingan Kriteria Desain, Rencana Desain dan Kondisi Eksisting pada Kolam Aerasi I dan Kolam Aerasi II

Parameter	Lapangan		Desain		Teori	Satuan	Referensi
	Aerasi I	Aerasi II	Aerasi I	Aerasi II			
Debit	78	78	108	108	-	m ³ /hari	Data Sekunder IPLT
Waktu retensi	124,8	67,44	90	48,72	2 - 6	jam	(PUPR, 2017)
Volume	405,4	219,2	405,4	219,2	-	m ³	-
Kedalaman efektif	2,9	2,9	2,9	2,9	3 - 5	meter	(PUPR, 2017)
Beban Organik	0,275	0,290	0,266	0,123	0,3 – 1,6	KgBOD/m ³ .hari	Metcalf & Eddy 2003
Removal BOD %	43%	50%	-	-	60 - 95%	persen	Metcalf & Eddy 1991
Removal COD %	42%	43%	-	-	60 - 95%	persen	Metcalf & Eddy 1991
Removal TSS %	18%	23%	-	-	80 - 90%	persen	Metcalf & Eddy 1991
Removal NH ₃ %	18%	25%	-	-	60 - 90%	persen	(Latar, 2015)
Removal O&G %	36%	50%	-	-	35 - 60%	persen	(Valencia, 2017)

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Waktu retensi pada unit aerasi I dan aerasi II ini memiliki durasi yang sangat lama dengan rumus perhitungan volume kolam dibagi dengan debit yang masuk. Pada kolam aerasi I dan aerasi II memiliki waktu retensi sebesar 124,8 jam dan 90 jam, dimana kriteria desain (PUPR, 2017) memiliki standar 2 – 6 jam.

Beban organik yang diterima kolam aerasi I dan II sesuai dengan kriteria desain berdasarkan buku (Metcalf & Eddy, 2003), yaitu 0,275 KgBOD/m³.hari dan 0,266 KgBOD/m³.hari. Kandungan BOD yang masuk memiliki karakteristik, yaitu 1428 mg/L pada inlet kolam aerasi I dan 816 mg/L pada inlet kolam aerasi II.

Kemampuan efisiensi removal pada kolam aerasi I dan aerasi II ini dapat disimpulkan masih belum bekerja secara optimal, jika dibandingkan dengan kemampuan penyisihan yang tertulis didalam kriteria desain yang bersumber buku (Metcalf & Eddy, 1991), terutama pada penyisihan BOD, COD dan TSS. Hal ini berkaitan dengan debit yang masuk belum memenuhi target, dimana target debit yang diolah yaitu sebesar 120 m³/hari, sedangkan debit eksisting yang diolah hanya 86 m³/hari. Selain itu, ketidakefektifan tersebut juga disebabkan tidak adanya sistem resirkulasi. Hal tersebut dapat memengaruhi kemampuan

penyisihan kandungan organik dan padatan tersuspensi pada kolam aerasi I dan aerasi II.

4.1.2.2 Kolam Sedimentasi

Kolam sedimentasi adalah salah satu komponen penting dalam Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) yang berfungsi untuk memisahkan partikel-padat yang lebih berat dari air limbah yang masuk, sehingga mengurangi beban padatan dan organik di proses pengolahan lebih lanjut (Indrayanti, 2018). Proses ini disebut sedimentasi atau pengendapan. Tetapi berdasarkan pengujian karakteristik air limbah, kolam sedimentasi pada IPLT Sumur Batu ini memiliki kinerja yang cukup baik jika dilihat dari efisiensi removal terhadap TSS yang terkandung dalam limbah. Berikut merupakan perbandingan antara kriteria desain dengan kondisi kolam sedimentasi yang ada dilapangan.

Tabel 4.5 Perbandingan Kondisi Eksisting, Desain Perencanaan dan Kriteria Desain pada Kolam Sedimentasi

Parameter	Eksisting	Desain	Teori	Satuan	Referensi
Debit	78	108	-	m ³ /hari	Data sekunder IPLT
Volume	314,9	314,9	-	m ²	-
Surface Loading Rate (SLR)	0,72	0,99	16 - 28	m ³ /m ² .hari	(Tchobanoglous et al., 2014)
Kedalaman efektif	2,9	2,9	4 - 5,5	meter	(Tchobanoglous et al., 2014)
Bilangan Reynolds	87,9	123,1	< 2000	-	(Tchobanoglous et al., 2014)
Waktu detensi	96,72	70,02	1 - 3	jam	(Tchobanoglous et al., 2014)
Removal BOD	25% (+filtrasi)	-	30 - 40 %	Persen	(Metcalf & Eddy 1991)
Removal COD	50% (+filtrasi)	-	30 - 40 %	Persen	(Metcalf & Eddy, 1991)
Removal TSS	92% (+filtrasi)	-	50 - 65 %	Persen	(Metcalf & Eddy, 1991)
Removal NH ₃	44% (+filtrasi)	-	79 %	Persen	(Quraini et al., 2022)
Removal O&G	60% (+filtrasi)	-	46 - 60%	Persen	(Salmariza, 2011)

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Nilai *surface loading rate* (SLR) pada kolam sedimentasi memiliki nilai yang rendah, yaitu 0,72 kg/m².hari. SLR merupakan rasio debit yang masuk

dibandingkan dengan luasan kolam sedimentasi. Nilai SLR rendah disebabkan kolam sedimentasi memiliki dimensi yang luas. Diketahui luas permukaan eksisting kolam sedimentasi yaitu 108,6 m². Hal ini karena rumus yang digunakan untuk menghitung SLR yaitu perkalian antara debit dibagi dengan luas permukaan (Tchobanoglous, et al., 2014). Akan tetapi, nilai SLR yang rendah tidak menandakan bahwa kinerja pengolahan kolam sedimentasi itu buruk.

Nilai *Number of Reynolds* (Nre) dari kolam sedimentasi ini memiliki hasil yang kecil, sehingga memenuhi kriteria desain berdasarkan (Tchobanoglous, et al., 2014) yakni <2000, yang berarti jenis aliran pada kolam sedimentasi ini cenderung laminar. Aliran laminar pada kolam sedimentasi yaitu aliran yang memiliki karakteristik yang teratur, terorganisir dan tidak mengalami turbulensi secara signifikan. Aliran laminar umumnya terjadi ketika fluida mengalir dalam kecepatan yang rendah dan memiliki viskositas yang relatif tinggi. Nilai Nre yang rendah atau jenis aliran laminar berpengaruh terhadap kemampuan penyisihan padatan dari cairan (Kindangen, 2017).

Waktu detensi pada kolam sedimentasi ini memiliki durasi yang lama, yaitu sebesar 96,72 jam. Hal ini disebabkan karena kolam sedimentasi memiliki volume yang besar yaitu 325,8 m³. Akan tetapi waktu detensi yang besar tidak berpengaruh buruk terhadap kinerja pengolahan kolam sedimentasi, justru hal tersebut akan berpengaruh terhadap kemampuan yang baik pada proses pengendapan.

Efisiensi removal pada kondisi eksisting yang tertulis pada tabel 4.3 merupakan gabungan antara unit kolam sedimentasi dan unit *sand filter*, dimana memiliki kemampuan penyisihan TSS yang baik, yaitu 92%, dikarenakan pada dasarnya kolam sedimentasi hanya berfokus terhadap penyisihan padatan tersuspensi.

4.1.3 Efisiensi Removal Pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu

Setelah lumpur tinja melewati tahap pemisahan antara padatan dan cairan dengan menggunakan unit *filter screw press dewatering*, selanjutnya cairan akan diolah lebih lanjut melalui unit aerasi I, aerasi II, sedimentasi dan *sand filter*. Air limbah sudah diuji di laboratorium dan sudah diketahui karakteristik untuk setiap

parameternya di setiap unit pengolahan cairan. Karakteristik air limbah disetiap unit pengolahan cairan dapat mengetahui seberapa optimal kemampuan penyisihan dari masing-masing unit pengolahan supernatan (cairan). Berikut merupakan tabel efisiensi removal masing-masing unit pengolahan yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.6 Efisiensi Removal Unit Pengolahan Supernatan (cairan)

Parameter	Influen (mg/L)	Aerasi I		Aerasi II		Sedimentasi + Sand filter		Efluen (mg/L)	Baku mutu (mg/L)
		Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)		
BOD	1429	43%	816	50%	408	25%	306	306	30
COD	5250	42%	3050	43%	1750	50%	883	883	100
TSS	3800	18%	3100	23%	2400	92%	200	200	30
NH3	20,28	18%	16,7	25%	12,6	44%	7,05	7,05	10
O&G	658	36%	420	50%	212	60%	84	84	5

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Tabel 4.4 memperlihatkan efisiensi removal setiap parameter untuk masing-masing unit pengolahan supernatan (cairan), dapat dikatakan bahwa kemampuan penyisihan untuk setiap unit masih belum bekerja secara optimal jika dibandingkan dengan kemampuan penyisihan yang tertulis didalam kriteria desain pada tabel 4.2 dan tabel 4.3.

4.1.3.1 Efisiensi Removal Kolam Aerasi

Efisiensi removal pada kolam aerasi yang tertulis pada kriteria desain yang bersumber pada buku (Metcalf & Eddy, 1991) memiliki standar untuk menyisihkan parameter BOD, COD dan TSS masing-masing yaitu 60 - 90%, 60 - 90% dan 80 - 90%, lalu pada kriteria desain yang bersumber pada jurnal yang ditulis oleh (Latar, 2015) memiliki standar untuk penyisihan amonia sebesar 60 - 90% dan pada kriteria desain yang bersumber pada jurnal yang ditulis oleh (Valencia, 2017) memiliki standar untuk penyisihan minyak dan lemak sebesar 35 - 50%. Sementara, kemampuan kolam aerasi I dalam menyisihkan kandungan BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak berturut-turut sebesar 43%, 42%,

18%, 18% dan 36% dan kemampuan kolam aerasi II dalam menyisihkan Kandungan BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak berturut-turut sebesar 50%, 43%, 23%, 25%, 50%.

Dapat dikatakan kolam aerasi I dan kolam aerasi II dalam penyisihan kandungan BOD, COD, TSS dan Amonia jika dibandingkan dengan kriteria desain masih tidak optimal. Sedangkan dalam penyisihan kandungan minyak dan lemak sudah memenuhi kriteria desain. IPLT Sumur Batu secara berkala melakukan pengangkutan minyak dan lemak yang terapung dipermukaan air secara manual pada setiap unit, oleh karena itu kemampuan penyisihan minyak dan lemak pada kolam aerasi I dan aerasi II dapat memenuhi kriteria desain.

4.1.3.2 Efisiensi Removal Kolam Sedimentasi

Efisiensi removal pada kolam sedimentasi yang tertulis pada kriteria desain yang bersumber pada buku (Metcalf & Eddy, 1991) yang memiliki standar untuk menyisihkan parameter BOD, COD dan TSS masing-masing yaitu 30 - 40%, 30 - 40% dan 50 - 65%, lalu pada kriteria desain yang bersumber pada jurnal yang ditulis oleh (Quraini et al., 2022) memiliki standar untuk penyisihan amonia sebesar 79% dan pada kriteria desain yang bersumber pada jurnal yang ditulis oleh (Salmariza, 2011) memiliki standar untuk penyisihan minyak dan lemak sebesar 46 - 60%.

Pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa efisiensi removal kolam sedimentasi dan unit *sand filter* digabung menjadi satu, dengan kemampuan penyisihan kandungan BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak berturut-turut yaitu 25%, 50%, 92%, 44% dan 60%. Sehingga dapat dikatakan kemampuan removal unit kolam sedimentasi memiliki kemampuan menyisihkan TSS yang baik, dikarenakan pada dasarnya kolam sedimentasi ini hanya berfokus terhadap penyisihan padatan tersuspensi.

4.1.3.3 Hasil Karakteristik Efluen

Maka, didapatkan karakteristik efluen yang dihasilkan setelah melewati penyisihan pada unit kolam aerasi I, kolam aerasi II, kolam sedimentasi dan *sand*

filter, bahwa untuk parameter BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak berturut-turut yaitu 306 mg/L, 883 mg/L, 200 mg/L, 7,05 mg/L dan 84 mg/L. Sedangkan, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik mengatur bahwa air limbah aman jika dibuang ke lingkungan jika karakteristik parameter BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak berturut turut yaitu 30 mg/L, 100 mg/L, 30 mg/L, 10 mg/L dan 5 mg/L. dapat disimpulkan bahwa terdapat 4 (empat) parameter yang tidak memenuhi baku mutu, yaitu parameter BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, sedangkan yang memenuhi baku mutu hanya 1 (satu) parameter saja, yaitu parameter amonia.

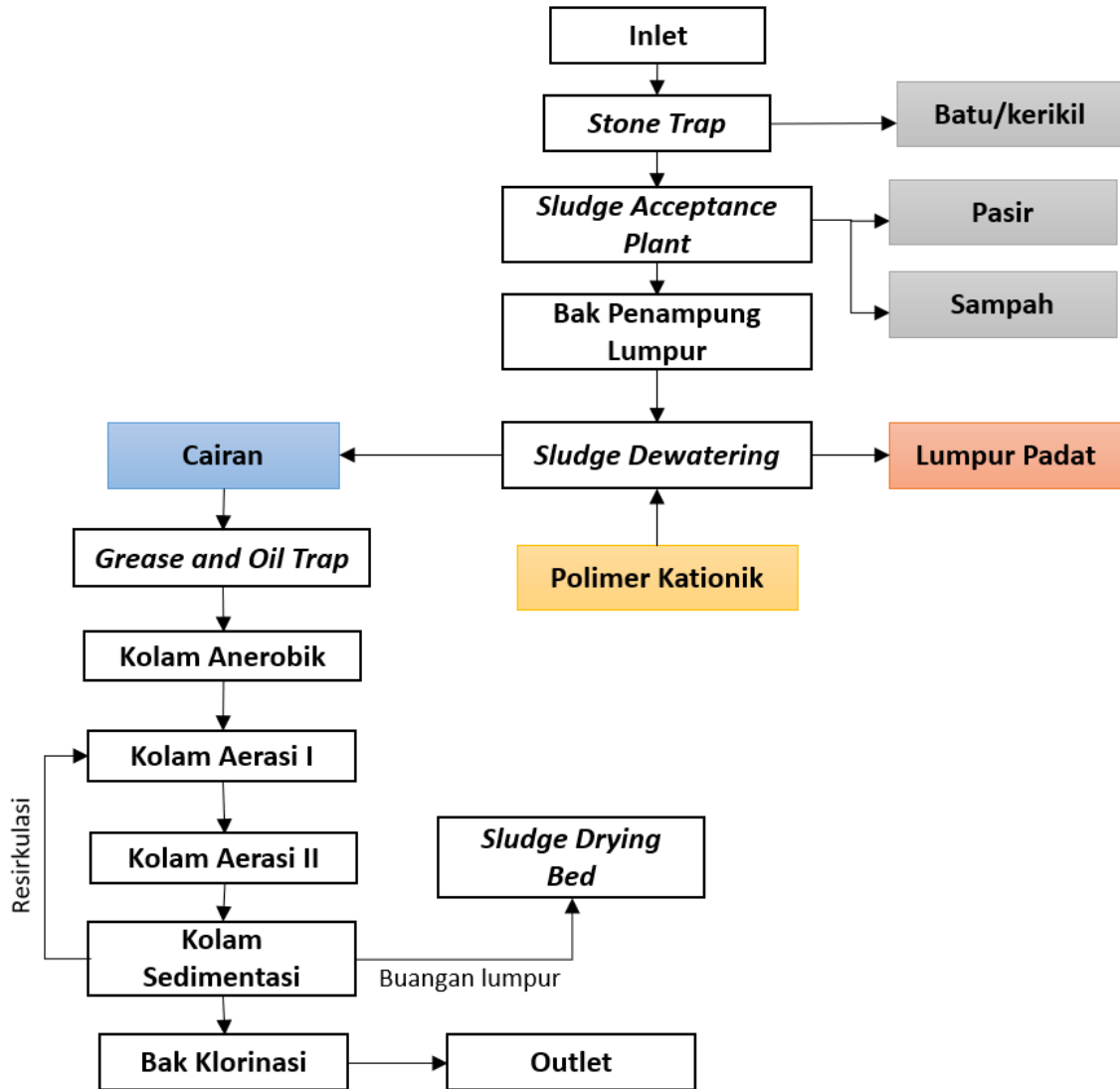
Efluen hasil pengolahan IPLT jika dibuang ke badan air atau lingkungan sekitar akan berakibat tercemarnya air dan lingkungan sekitarnya, sehingga beresiko mudahnya penyebaran penyakit serta dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan/tanah, sehingga rusaknya ekosistem yang ada diperairan maupun daratan (Islamawati & Dewanti, 2018).

4.2 Perencanaan Perbaikan IPLT Sumur Batu

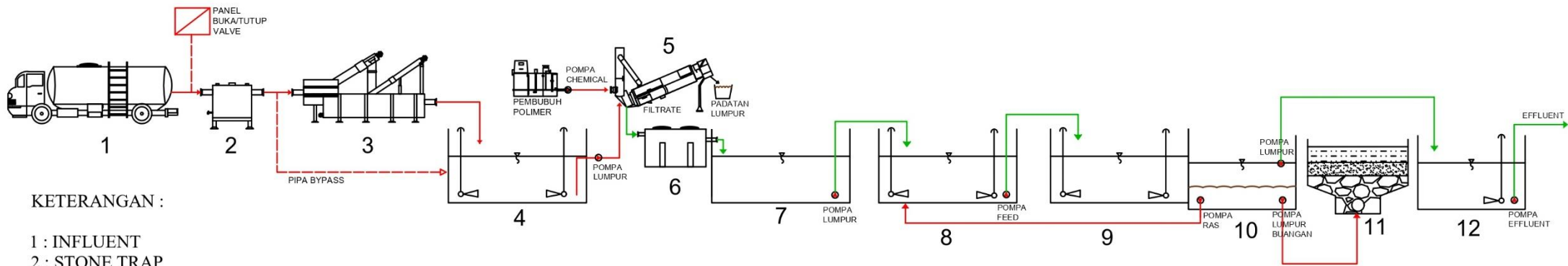
Pengolahan air limbah pada IPLT Sumur Batu dapat dikatakan secara keseluruhan masih memiliki kemampuan pengolahan yang tidak optimal, terutama pada unit pegolahan supernatan (cairan) yang tidak memenuhi kriteria desain jika dilihat dari hasil perhitungan dan perbandingan antara kondisi lapangan dengan kriteria desain, terutama pada kemampuan penyisihan kandungan pencemar. Oleh karena itu, IPLT Sumur Batu harus dilakukan perbaikan guna menghasilkan efluen yang memenuhi baku mutu.

4.2.1 Diagram Alir dan *Process Flow Diagram* setelah dilakukan Perencanaan Perbaikan

Berikut merupakan diagram alir dan *process flow diagram* pengolahan IPLT Sumur Batu setelah dilakukan perbaikan.



Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan IPLT Sumur Batu Setelah Perbaikan



KETERANGAN :

- 1 : INFLUENT
- 2 : STONE TRAP
- 3 : SAP (*SLUDGE ACCEPTANCE PLANT*)
- 4 : BAK EKUALISASI
- 5 : PEMISAH PADATAN DAN CAIRAN (*FILTER SCREW PRESS DEWATERING*)
- 6 : *GREASE AND OIL TRAP*
- 7 : KOLAM ANAEROBIK
- 8 : KOLAM AERASI 1
- 9 : KOLAM AERASI 2
- 10 : KOLAM SEDIMENTASI
- 11 : *SLUDGE DRYING BED*
- 12 : BAK KLORINASI

Gambar 4.2 Process Flow Diagram Pengolahan IPLT Sumur Batu setelah Perbaikan

4.2.2 Usulan Perbaikan

a. Penambahan sistem resirkulasi

Penambahan sistem resirkulasi lumpur ini merupakan pengembalian lumpur yang terendap pada kolam sedimentasi menuju kolam aerasi I dan kolam aerasi II, dengan rasio resirkulasi 50%. Resirkulasi lumpur memungkinkan mikroorganisme yang telah diaktifkan/terlatih untuk dikembalikan ke kolam aerasi yang berguna untuk meningkatkan efisiensi penguraian kandungan organik yang ada di dalam air limbah (Said & Utomo, 2007).

b. Penambahan unit pengolahan

penambahan unit pengolahan pada IPLT ini yaitu meliputi unit *Grease and Oil Trap*, kolam anaerobik dan kolam klorinasi, serta unit pengolahan lumpur sisa pengendapan kolam sedimentasi yaitu unit *sludge drying bed*. Berikut merupakan penjelasan setiap unit dan alasan ditambahkannya unit tersebut.

1) *Grease and oil trap*

Penambahan Unit *Grease and Oil Trap* ini sangat bersinergi dengan IPLT Sumur Batu yang diketahui juga menerima limbah minyak dan lemak yang bersumber pada restoran *fast food*. *Grease and Oil Trap* yaitu pengolahan primer yang berfungsi untuk menyisihkan komponen-komponen ringan yang terkandung pada air limbah (Sakinah & Purwanti, 2018). Unit tersebut efektif menyisihkan kandungan minyak dan lemak pada air limbah sebesar 95% (Said & Satmoko, 2006). Berikut merupakan kriteria desain yang akan digunakan dalam merancang unit *grease and oil trap*.

Tabel 4.7 Kriteria Desain Grease and Oil Trap

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan
Waktu detensi	td	30 – 60	menit
Jumlah ruang	-	Minimal 2	-
Kedalaman kolam	H	1 – 1,5	meter
Rasio panjang dan lebar	P : L	(2 – 3): 1	-

Sumber : Pergub DKI Jakarta No.122, 2005

2) Kolam Anaerobik

Dikarenakan kandungan BOD dan TSS yang tinggi pada limbah yang diolah, penambahan unit kolam anaerobik bertujuan dalam pengurangan kandungan organik dan padatan tersuspensi tersebut. Menurut jurnal (Oktarina & Helmi, 2013), kolam anaerobik merupakan jenis pengolahan air limbah secara biologis yang menggunakan mikroorganisme anaerob (tanpa oksigen) yang berperan sebagai pengurai dan menghilangkan kontaminan organik dari air limbah. Kemampuan penyisihan pada kolam anaerobik ini jika mengacu pada (PUPR, 2017), dalam menyisihkan kandungan BOD dan TSS berturut-turut sebesar 60 - 70% dan 80%. Berikut merupakan kriteria desain yang akan digunakan dalam merancang unit kolam anaerobik.

Tabel 4.8 Kriteria Desain Unit Kolam Anaerobik

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan
Waktu detensi	θ_a	≥ 1	hari
Kedalaman	H	2 - 5	m
Rasio Panjang dan lebar	P : L	(2 - 4) : 1	-
Rasio Talud	-	1 : 3	-

Sumber : Mara, 2003

3) Bak Klorinasi

Klorinasi bertujuan untuk membunuh mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah. Kolam reservoir yang terinstal pada pengolahan IPLT Sumur Batu akan berubah fungsinya menjadi kolam klorinasi dan sekaligus menjadi kolam control untuk memonitoring hasil karakteristik dari efluen. Menurut (Sururi *et al*, 2008), Metode klorinasi ini seringkali digunakan, karena klor efektif untuk proses desinfeksi dan juga tidak membutuhkan biaya yang tinggi. Klor yang digunakan pada proses klorinasi ini berbentuk cairan ataupun padatan berbentuk kapsul, dimana kaporit merupakan sumber klor yang sering dipakai. Jika mengacu pada jurnal (Nasoetion et al., 2017) Proses klorinasi ini mampu menyisihkan kandungan koliform dan amonia masing-masing sebesar 70 – 90% dan 80 – 90%. Berikut merupakan kriteria desain yang akan digunakan dalam merancang unit kolam klorinasi.

Tabel 4.9 Kriteria Desain Bak Klorinasi

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan
Dosis klorin	-	2 - 8	mg/L
Kecepatan aliran	V	2 – 4,5	m/menit
Waktu detensi	t	30 – 120	menit
Rasio panjang dan lebar	P : L	(2 – 4): 1	-

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003

4) *Sludge Drying Bed*

Unit *sludge drying bed* ini bertujuan untuk mengeringkan lumpur sisa endapan yang dihasilkan kolam sedimentasi. Pengeringan lumpur ini terjadi karena adanya proses evaporasi dan *drain* (peresapan). Diperlukan waktu 2-4 minggu pengeringan untuk mencapai kadar solid 30-40% pada musim kemarau (PUPR, 2017). Direncanakan 3 (tiga) buah bed pada unit *sludge drying bed* dikarenakan debit lumpur yang dihasilkan tinggi, yaitu

2,4 m³/hari. Berikut merupakan kriteria desain yang akan digunakan dalam merancang unit *sludge drying bed*.

Tabel 4.10 Kriteria Desain Sludge Drying Bed

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan
Tebal lapisan pasir	-	23 - 30	cm
Tebal lapisan kerikil	-	2 - 4,5	cm
<i>Sludge loading rate</i>	SLR	100 - 300	Kg/m ² .tahun
Tebal bed	-	20 - 30	cm
Lebar bed	L	5 - 8	m
Panjang bed	P	6 - 30	m
Waktu pengeringan	t	10 - 15	hari
<i>Uniformity coeficient</i>	-	< 4	-
Effective size	-	0,3 - 0,75	mm
Kecepatan air dalam drain	V	< 0,75	m/detik

Sumber : PUPR, 2007

c. Pemakaian sistem 2 (dua) jalur pengolahan paralel

Sistem 2 (dua) aliran atau biasa disebut sistem *two lines* akan diterapkan pada unit kolam anaerobik, kolam aerasi I dan kolam aerasi II, yang bertujuan untuk mengatur debit limbah guna menghindari fluktuasi yang berlebih pada debit. Selain itu, Ketika sedang dilakukan *maintenance*/perbaikan pada unit pengolahan, maka air limbah dialirkan ke salah satu kolam atau diterapkannya sistem 1 (satu) jalur selama salah satu kolam sedang dilakukan perbaikan. Dengan cara ini, limbah dapat diolah secara lebih optimal dan efisien (Rahmanissa & Slamet, 2017).

4.2.3 Hasil Desain Perbaikan

setelah dilakukan perhitungan desain yang ditampilkan pada lampiran, dengan mengacu kriteria desain sesuai unit masing-masing, maka diperoleh ringkasan hasil desain yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.11 Detail Desain Perbaikan Unit Pengolahan Supernatan (cairan) IPLT Sumur Batu

Unit	Q (m ³ /hari)	V (m ³)	A, (m ²)	Dimensi (m)			HRT (jam)	Jumlah unit
				L	P	H		
<i>Grease and oil trap</i>	78	3,38	3,38	1,3	2,6	1	1	1
Kolam Anaerobik	39	141	47	4,85	9,7	3	86,4	2
Kolam Aerasi I	58,5	405,4	139,8	6	23,3	2,9	124,8	2
Kolam Aerasi II	58,5	219,2	75,6	6	12,6	2,9	67,44	2
Kolam Sedimentasi	117	314,9	108,6	6	18,1	2,9	96,72	1
Kolam Klorinasi	78	6,5	4,34	1,4	3,1	1,5	2	1
<i>Sludge Drying Bed</i>	2,4	12	40	3,3	12	1	240	1

4.2.4 Hasil Efisiensi Removal dan Neraca Massa Setelah Dilakukan Perencanaan Perbaikan

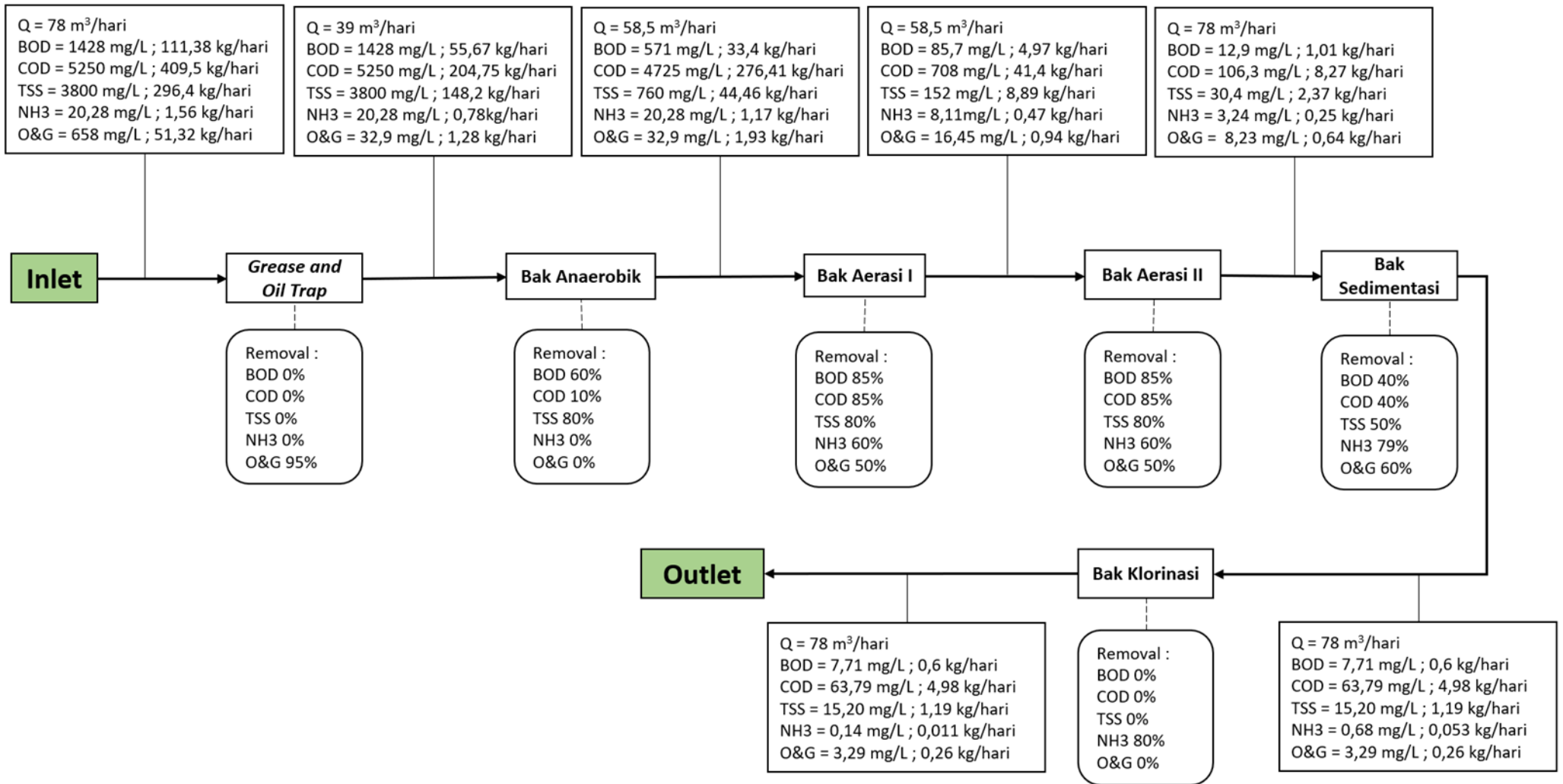
Setelah dilakukan perbaikan, diharapkan setiap unit pengolahan memiliki kinerja yang optimal dan memiliki efisiensi removal sesuai kriteria desain. Maka dari itu, efisiensi removal pada setiap unit pengolahan supernatan yang disajikan pada tabel 4.10 dan neraca massa dibawah memiliki efisiensi removal yang sama dengan kriteria desain. Setelah dilakukan perbaikan, hasil karakteristik pada efluen telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik, dengan karakteristik effluen BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak masing-masing sebesar 7,71 mg/L, 63,79 mg/L, 15,20 mg/L, 0,14 mg/L dan 3,29 mg/L. Sehingga efluen yang dihasilkan aman jika digunakan kembali berdasarkan kelas air yang ditentukan atau aman jika dibuang ke lingkungan.

Berikut merupakan tabel efisiensi removal dan neraca massa pengolahan IPLT Sumur Batu setelah dilakukan perbaikan.

Tabel 4.12 Efisiensi Removal Unit Pengolahan Supernatan Setelah Perbaikan

Parameter	Inlet (mg/L)	Grease and oil trap		Kolam Anaerobik		Kolam Aerasi I		Kolam Aerasi II		Kolam Sedimentasi		Kolam Klorinasi		Removal Keseluruhan	efluen (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
		Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)	Removal	Efluen (mg/L)			
BOD	1429	0%	1428,57	60%	571,43	85%	85,71	85%	12,86	40%	7,71	0%	7,71	99,5%	7,71	30
COD	5250	0%	5250	10%	4725,00	85%	708,75	85%	106,31	40%	63,79	0%	63,79	98,8%	63,79	100
TSS	3800	0%	3800	80%	760,00	80%	152,00	80%	30,40	50%	15,20	0%	15,20	99,6%	15,20	30
NH3	20,28	0%	20,28	0%	20,28	60%	8,11	60%	3,24	79%	0,68	80%	0,14	99,3%	0,14	10
O&G	658	95%	32,90	0%	32,90	50%	16,45	50%	8,225	60%	3,29	0%	3,29	99,5%	3,29	5

Sumber : Hasil Analisis, 2023



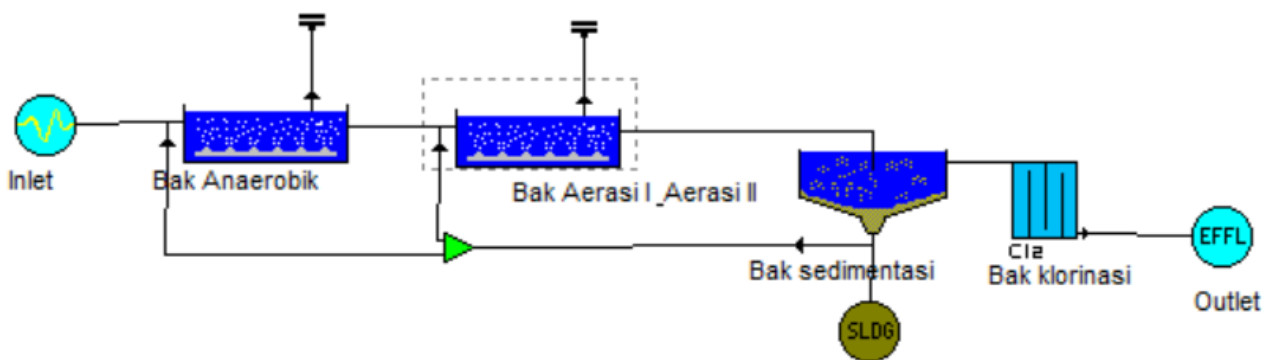
Gambar 4.3 Neraca Massa Pengolahan Supernatan IPLT Sumur Batu setelah Perbaikan

4.3 Validasi Model Menggunakan *Software* STOAT

Jika mengacu pada jurnal (Gao, et al., 2016), *Software* STOAT merupakan perangkat lunak yang berguna untuk memodelkan simulasi dari pengolahan air limbah yang telah dirancang dan cukup banyak digunakan di beberapa negara seperti Timur Tengah, Inggris dan Amerika Serikat. *Software* STOAT ini mudah didapat serta mudah dalam pengoperasiannya.

4.3.1 Layout Unit Pengolahan Supernatan (cairan)

Hasil dari perbaikan IPLT Sumur Batu yang telah dirancang akan disimulasikan menggunakan *software* ini. Berikut merupakan tampilan susunan unit pengolahan supernatan (cairan) pada STOAT.



Gambar 4.4 Layout Unit Pengolahan Supernatan melalui STOAT

Berdasarkan layout STOAT diatas, terdapat unit yang tidak sesuai dengan rancangan perbaikan yang telah dibuat, yaitu tidak terdapat unit *grease and oil trap* pada awal pengolahan. Pada dasarnya, unit tersebut memang tidak tersedia didalam *software* STOAT dan tidak berpengaruh terhadap hasil simulasi yang akan dijalankan, dikarenakan juga tidak terdapat parameter minyak dan lemak pada *software* ini, dimana unit *grease and oil trap* merupakan unit yang berguna untuk penyisihan minyak dan lemak. Adapun untuk unit kolam aerasi I dan aerasi II dijadikan menjadi 1 (satu) kolam pada STOAT, tetapi data untuk *stage/fase* yaitu sebanyak 2 (dua) fase, yaitu kolam aerasi I dan kolam aerasi II.

4.3.2 Data Input STOAT

Software STOAT memerlukan data-data yang perlu diinput ke dalam system STOAT. Data ini terdiri dari data stoikiometri dan data kinetik. Data yang termasuk dalam data stoikiometri yaitu data lapangan atau penelitian seperti kadar BOD, COD, Amonia, TSS dan lain-lain. Sedangkan data kinetik berupa data pendukung yang diperoleh dari kriteria desain perencanaan IPAL. Data teknis seperti debit sebesar 3,25 m³/jam diperoleh dari data sekunder IPLT Sumur Batu yang didapat dengan perhitungan truk tinja yang masuk selama 2 (dua) minggu. Sedangkan kualitas influen BOD, COD, TSS dan NH₃ didapatkan dari hasil uji lab yang dilakukan peneliti. Berikut merupakan data input yang dimasukkan pada influen pattern.

Berikut merupakan data yang diinput pada influen berupa parameter perencanaan perbaikan yang sudah direncanakan.

Tabel 4.13 Data Input Parameter pada Influen STOAT

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
Total COD^b		5250	mg/L
<i>Soluble inert COD</i>	0.07*Total COD	367	mg/L
<i>Particulate inert COD</i>	0.15*Total COD	787	mg/L
rbCOD	0.25* Total COD	1313	mg/L
Total BOD^c		1428	mg/L
<i>Soluble BOD (sBOD)</i>	Total BOD - pBOD	228	mg/L
<i>Particulate BOD (pBOD)</i>	0.3*Total TSS	1140	mg/L
Total TSS^a		3800	mg/L
<i>Volatile Solid</i>	0.7*Total TSS	2660	mg/L
<i>Non-Volatile Solid</i>	Total TSS – VS	1140	mg/L
Amonia		20	mg/L
DO		1	mg/L
<i>Volatile fatty acids^b</i>	0.15*rbCOD	197	mg COD/L
Viable heterotrophs		1	mg/L
Viable autotrophs		0.1	mg/L

Sumber : ^aJr.Martin et al (2021), ^bHenze et al (2008), ^cCardona (2018)

STOAT meminta untuk memasukan data seperti *inert soluble* yang memiliki nilai 7% dari total BOD dan *inert particulate* yang memiliki nilai 15% dari total BOD. Data tersebut diinput untuk mewakili nilai BOD dan COD. Hal ini juga berlaku untuk beberapa parameter lain yang digunakan pada simulasi STOAT, seperti parameter TSS yang diwakilkan dengan data *volatile solids dan non-volatile solids*. Data-data tersebut diinput pada menu “generate profil > Advanced” pada ikon inlet.

Sedangkan setiap unit yang digunakan memiliki input data yang berbeda, tergantung proses dari masing-masing setiap unit tersebut. Data tambahan yang dibutuhkan setiap unit pengolahan supernatan (cairan) dalam simulasi model STOAT yaitu sebagai berikut.

1. Kolam Anaerobik

Kolam Anaerobik dalam STOAT memiliki data yang diinput pada menu “Name and Dimension”. Kemudian setelah dilakukan “New Run”, STOAT meminta untuk memasukan data lainnya pada menu “Stage Data” dan “Initial Condition”. Data-data yang diinput berupa kapasitas unit, kadar oksigen, karakteristik seperti *Soluble BOD, Particulate BOD, MLSS*, dan ammonia. Terdapat data-data yang sudah *default* dari *software* STOAT itu sendiri, seperti Maks. Kla, Min Kla. Data *dissolved oxygen* pada unit anaerobik ini yaitu 0 mg/L, dikarenakan unit ini tidak membutuhkan oksigen dalam mengolah limbah. Berikut merupakan data-data yang diinput pada unit kolam anaerobik.

Tabel 4.14 Data Input Kolam Anaerobik

Data Input	Nilai	Satuan
<i>Process Model</i>	ASAL 1	-
Volume	282	m ³
MLSS recycle	0	-
<i>Number of Stages</i>	1	-
Vol. distribution	1	-
<i>feed distribution</i>	1	-
DO set point	0	mg/L
Maks. Kla	10	-

Data Input	Nilai	Satuan
Min. Kla	2	-
Viable heterotrop	1000	mg/L
Viable autotrop	100	mg/L
amonia	20	mg/L
sBOD	228	mg/L
pBOD	1140	mg/L
MLSS	3000	mg/L

2. Kolam Aerasi I & II

Kolam Aerasi I & II dalam STOAT memiliki 1 (satu) kolom yang tergabung. Oleh karena itu, data “*Number of Stages*” pada unit ini yaitu 2 (dua) yang berarti terdapat 2 (dua) fase pada unit ini yaitu kolam aerasi I dan aerasi II. data diinput pada menu “*Name and Dimenssion*”. Kemudian setelah dilakukan “*New Run*”, STOAT meminta untuk memasukan data lainnya pada menu “*Stage Data*” dan “*Initial Condition*”. Data-data yang diinput sama dengan data pada kolam anaerobik diatas. Namun yang membedakan yaitu terdapat pada data *dissolved oxygen*, dimana DO set point pada unit ini yaitu 2 mg/L, dikarenakan unit ini membutuhkan oksigen dalam mengolah limbah. Selain itu, unit ini juga terdapat resirkulasi lumpur yang dibuang dari kolam sedimentasi sebanyak 1 resirkulasi. Berikut merupakan data-data yang diinput pada unit kolam aerasi.

Tabel 4.15 *Data Input Kolam Aerasi*

Data Input	Nilai	Satuan
<i>Process Model</i>	ASAL 1	-
Volume	624,6	m ³
MLSS <i>recycle</i>	1	-
<i>Number of Stages</i>	2	-
Vol. distribution	1	-
<i>feed distribution</i>	1	-
DO set point	2	mg/L
Maks. Kla	10	-
Min. Kla	2	-
Viable heterotrop	1000	mg/L
Viable autotrop	100	mg/L

Data Input	Nilai	Satuan
amonia	20	mg/L
sBOD	228	mg/L
pBOD	1140	mg/L
MLSS	3000	mg/L

3. Kolam Sedimentasi

Unit kolam sedimentasi memiliki 2 (dua) menu untuk memasukan data, yaitu menu “*Name and Dimension*”, “*Operation*” dan “*Initial data*”. Pada menu *Initial data*, data yang dimasukkan yaitu sama dengan data yang dimasukkan pada unit kolam anaerobik dan kolam aerasi. Namun, pada menu “*Name and Dimension*”, STOAT meminta data luas permukaan dan kedalaman kolam sedimentasi. Pada menu “*Operation*”, data-data yang diperlukan yaitu seperti debit aliran resirkulasi, rasio RAS, debit lumpur buangan, waktu pengoperasian pompa lumpur buangan dan terdapat data yang lainnya. Berikut merupakan data-data yang diinput pada unit kolam sedimentasi.

Tabel 4.16 Data Input Kolam Sedimentasi pada Menu Initial Data

Data Input	Nilai	Satuan
<i>Process Model</i>	SSED1	-
<i>Surface area</i>	108.6	m ²
<i>Depth of tank</i>	3.5	m
<i>Depth of feed</i>	2.9	m
sBOD	228	mg/L
pBOD	1140	mg/L
MLSS	3000	mg/L
Viable heterotrop	1000	mg/L
Viable autotrop	100	mg/L
Ammonia	20	mg/L

Tabel 4.17 Data Input Kolam Sedimentasi pada Menu Operation

Data Input	Nilai	Satuan
<i>RAS flow</i>	1.63	m ³ /jam
<i>RAS ratio</i>	1	-
<i>Sludge wastage flow</i>	1.63	m ³ /jam

Data Input	Nilai	Satuan
<i>Wastage pump run time</i>	24	jam
<i>Wastage cycle time</i>	24	jam
<i>MLSS set-point</i>	1	-

4. Kolam Klorinasi

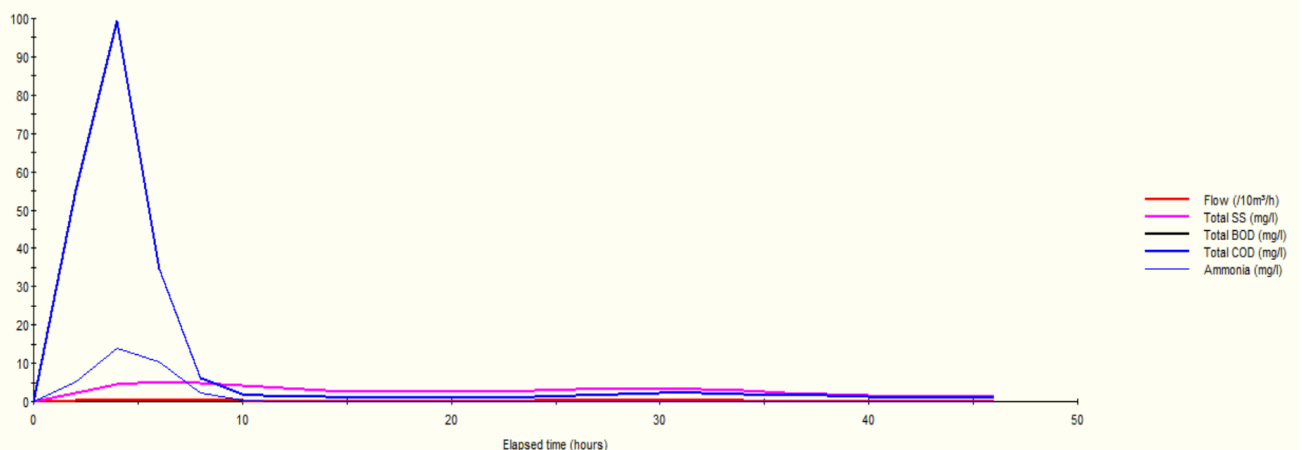
STOAT hanya meminta 2 (dua) data yang diinput pada 2 (dua) menu yang berbeda. Terdapat data volume kolam klorinasi yang diinput pada menu “*Name and Dimenssion*” dan data kebutuhan dosis klorin dipakai 6 mg/L karena berdasarkan kriteria desain yaitu 2 - 8 mg/L, yang diinput pada menu “*Operation*”. Berikut merupakan data-data yang diinput pada unit kolam Klorinasi.

Tabel 4.18 Data Input Kolam Klorinasi

Data Input	Nilai	Satuan
Volume	7	m ³
<i>Chlorine dosage</i>	6	mg/L

4.3.3 Hasil validasi model STOAT

Setelah melakukan penginputan data pada influen dan setiap unit yang direncanakan pada IPLT Sumur Batu, seperti debit air limbah, kualitas air limbah dan data penunjang lainnya, dimana data-data tersebut digunakan dalam memodelkan kinerja pengolahan IPLT Sumur Batu menggunakan software STOAT. Sehingga didapatkan hasil simulasi sebagai berikut.



	Flow (m ³ /h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)
Mean	1.55	2.78	9.30	9.30	1.35
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	3.23	5.31	99.44	99.44	14.02
Standard deviation	1.21	1.26	22.98	22.98	3.58
Total mass (kg)		0.260	1.239	1.239	0.194
Peak load (g/s)		0.005	0.085	0.085	0.012

Gambar 4.5 Hasil Simulasi Pemodelan Melalui STOAT

Grafik dan tabel diatas merupakan hasil simulasi penyisihan nutrien pada air limbah, dimana kandungan COD mengalami penurunan dari 5250 mg/L menjadi 9,30 mg/L, lalu kandungan amonia mengalami penurunan dari 20 mg/L pada influen menjadi 2,78 mg/L, kemudian kandungan BOD juga mengalami penurunan menjadi 9,30 mg/L dari kondisi awal yaitu 1428 mg/L. Parameter TSS juga mengalami penurunan dengan kadar menjadi 2,78 mg/L, dimana kadar awal yaitu 3800 mg/L.

Dengan memodelkan hasil perbaikan menggunakan *software* STOAT ini, dapat disimpulkan bahwa pengolahan supernatan pada IPLT Sumur Batu berjalan dengan optimal dan memiliki hasil efluen sesuai baku mutu, dimana memiliki hasil yang valid berdasarkan model STOAT. Adapun hasil efisiensi removal secara keseluruhan berdasarkan pemodelan STOAT tidak berbeda jauh dengan hasil efisiensi removal berdasarkan perhitungan, dimana dalam penyisihan parameter BOD, COD, TSS dan amonia yaitu masing-masing 99,35%, 99,82%, 99,93% dan 93,34%. Berikut merupakan tabel hasil karakteristik efluen berdasarkan pemodelan STOAT.

Tabel 4.19 Hasil Karakteristik Efluen Berdasarkan Pemodelan Software STOAT

Parameter	Inlet (mg/L)	outlet (mg/L)	Efisiensi Removal	Baku Mutu (mg/L)
BOD	1429	9,30	99,35%	30
COD	5250	9,30	99,82%	100
TSS	3800	2,78	99,93%	30
NH3	20,28	1,35	93,34%	10

Sumber : Hasil Analisis, 2023

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

IPLT Sumur Batu memiliki kinerja pengolahan yang tidak optimal, jika dilihat dari karakteristik efluen yang telah diuji, dimana untuk parameter BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak memiliki nilai karakteristik berturut-turut yaitu 306 mg/L, 883 mg/L, 200 mg/L, 7,05 mg/L dan 84 mg/L, dimana hasil karakteristik tersebut tidak memenuhi baku mutu berdasarkan PermenLHK Nomor 68 tahun 2016, maka dari itu perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan.

Hasil dari evaluasi dan perbaikan yaitu dilakukannya penambahan sistem resirkulasi lumpur, serta adanya penambahan unit pada pengolahan supernatan (cairan) yaitu unit *grease and oil trap*, kolam anaerobik dan *sludge drying bed*, serta pemangkasan unit *sand filter*. Dilakukannya perbaikan ini bertujuan untuk memberikan pengolahan yang lebih optimal dari sebelumnya, sehingga karakteristik efluen yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu.

Setelah dilakukan perbaikan hasil karakteristik efluen menunjukkan kesesuaian terhadap baku mutu, dimana hasil karakteristik untuk parameter BOD, COD, TSS, amonia, minyak dan lemak berturut-turut yaitu 21,94 mg/L, 80,64 mg/L, 3,04 mg/L, 0,14 mg/L dan 3,29 mg/L, dengan efisiensi removal secara keseluruhan setiap parameter masing-masing yaitu 99,5%, 98,8%, 99,6%, 99,3% dan 99,5%.

Kemudian dilakukan pemodelan menggunakan STOAT untuk memvalidasi hasil perhitungan perbaikan, dimana didapatkan hasil efisiensi removal secara keseluruhan yang tidak berbeda jauh berdasarkan antara hasil perhitungan perbaikan dengan hasil pemodelan STOAT. Hasil efisiensi removal secara keseluruhan pada parameter BOD, COD, TSS dan ammonia berturut-turut yaitu 99,35%, 99,82%, 99,93% dan 93,34%, serta memiliki hasil karakteristik efluen yang juga dibawah baku mutu. sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan supernatan pada IPLT Sumur Batu setelah dilakukan perbaikan

berjalan dengan optimal, dikarenakan memiliki hasil yang valid berdasarkan model STOAT

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini yaitu hendaknya agar melakukan sampling tidak hanya sekali, yang bertujuan agar mendapatkan karakteristik yang lebih valid lagi, serta menggunakan kajian literatur yang lebih luas lagi pada tahap evaluasi. Saran untuk pihak yang ingin menggunakan kajian ini sebagai hasil evaluasi, diharapkan untuk melakukan kajian lebih lanjut dengan langsung datang ke lapangan agar dapat menyesuaikan data dengan data yang lebih baru (*update*) dan data yang didapatkan tidak hanya sekedar wawancara terhadap pihak instansinya saja, tetapi harus memiliki basis dokumen yang valid dari instansi IPLT Sumur Batu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, d. (2014). Peta Kondisi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT). *Jurnal Pemukiman* , Vol. 9 No. 2. Bandung.
- Amelia, F., Notonugroho, O. J., Saptomo, S. K., & Kurniawan, A. (2022). Estimasi Nilai Hydraulic dan Solid Loading Rate Tipe Pengendapan Diskrit dan Flok Pada Proses Lumpur Aktif Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Kertas *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 445–456. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.445-456>
- Arlina, D., Yulianto, A., & Rahmawati, S. (2019). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Sewon, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. *Environmental Engineering*, 68, 1–13.
- Azwar, A. (1995). *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: PT. Mutiara Sumber Widya.
- Chandra. (2012). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran, p105.
- Dhamayanthie, I., & Fauzi, A. (2017). Pengaruh Bakteri Pada Kolam Aerasi Di Unit *Wastewater Treatment*. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, Vol 2.
- Gao, Y. N., Liu, X. Z., Zhang, R. X., Shan. Z. (2016). Operation And Management of Liaoning Waste Water Treatment Plants By Stoa Simulation. *Web of Conferences*, 63.
- Goldyna, D. M., & Restu, I. W. (2019). Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 153-163.
- Hanchett, S., Akhter, S., Khan, M. H., Mezulianik, S., & Blagbrough, V. (2003). *Water, sanitation and hygiene in Bangladeshi slums: An evaluation of the wateraid-Bangladesh urban programme*. *Environment and Urbanization*, 15(2), 43–56.
- Indrayanti, L. (2018). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik di Yogyakarta. *Ecothropic*, Vol. 12, No. 2.

- Islamawati, & Dewanti. (2018). Studi Penurunan Kadar COD Menggunakan Ferri Klorida pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak, Margoyoso, Pati. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 6, No. 6, Universitas Diponegoro.
- Issa, H. M. (2019). Optimization Of Wastewater Treatment Plant Design Using Process Dynamic Simulation: A Case Study From Kurdistan, Iraq. *Scientific Journal Of Koya University*, 7(1), 59.
- Kindangen, J. I. (2017). *Pendingin Pasif untuk Arsitektur Tropis Lembab*. Sleman: Deepublish.
- Kristanto. (2007). *Ekologi Industri*.
- Kurniawan, A. (2015). Rancang Bangun Unit Sedimentasi Rectangular pada Instalasi Pengolahan Air Limbah. *Proceeding National Conference on Conversation For Better Life*.
- Latar, P. Y. (2015). *Kajian Efek Aerasi pada Kinerja Biofilter Aerob dengan Media Botol Plastik Jenis Polystyrene (PS) untuk Pengolahan Limbah Budidaya Tamkolam Udang*. Tugas Akhir.
- Mega, G. D., & Herumurti, W. (2016). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), 1–6.
- Metcalf, & Eddy, I. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. 2nd Edition. New York: Mc Graw-Hill.
- Metcalf, & Eddy, I. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. 3th.Edition. New York: Mc Graw-Hill.
- Nasoetion, P., S, D. A. W., Saputra, M., & Ergantara, R. I. (2017). Evaluasi Dan Redesign Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Rs. Pertamina Bintang Amin Bandar Lampung. *Jurnal Rekayasa Teknologi Dan Sains*, 1(2), 75–86.
- Nasrullah. (2007). Studi Kelayakan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Salatiga. *Jurnal Presipitasi Vol. 3 No. 2*.
- Natoatmodjo, S. (2005). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Oktarina, D., & Haki Helmi. (2013). Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus : IPLT Sukawinatan). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1, 75–79.

- Poldprasert, C., & Rajput, S. V. (1982). *Environmental Sanitation Reviews (Septic Tank and Septic System)*. Bangkok: Environmental Sanitation Center.
- PU, K. (2012). *Perencanaan Pengolahan Limbah Setempat*.
- PUPR, M. (2017). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tentang Tata Cara Perhitungan Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Putri, N. C., & Hermana, J. (2015). Kajian Implementasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS, Vol 4, No 1*.
- Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat Kelurahan Masjid Samarinda Seberang. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL, 6(1), 10–20*.
- Rahmanissa, A., & Slamet, A. (2017). Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Semarang Barat Kota Semarang. *Jurnal Teknik ITS, Vol. 6, No. 2*.
- Rasawula Lukman, R., Eka Pratiwi, Y., & Rosdiana, R. (2021). Evaluasi Teknik Operasional dari Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Kota Kendari. *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari, 1(1), 1–7*.
- Sakinah, D. S., & Purwanti, I. F. (2018). Perencanaan IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik ITS, 7(1), 1–6*.
- Said, N. I., & Satmoko, Y. (2006). Rancang Bangun Instalasi Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Ayam dengan Proses Biofilter. *JAI, Vol. 2 No. 1*.
- Said, N. I., & Utomo, K. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Lumpur Aktif yang Diisi dengan Media Bioball. *JAI, Vol. 3, No. 2*.
- Salmariza. (2011). Aplikasi Metoda MSL (Multi Soil Layering) Untuk Mengolah Air Limbah Industri Edible Oil. *Jurnal Riset Industri Vol. V, No. 3, Hal. 227-236*.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: UI-Press.
- Suparman, S. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: EGC.
- Taweesan, A. (2015). Effective Faecal Sludge Management Measures For On-site Sanitation Systems. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for*

Development, Asian Institute of Technology. Bangkok, Thailand.

Tchobanoglous, George, David, H., Tsuchihashi, Ryujiro, Burton, & Franklin. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*. Singapore: Metcalf & Eddy Mc Graw Hill Company.

Tchobanoglous, George, David, H., Tsuchihashi, Ryujiro, Burton, & Franklin. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resources Recovery 5th Edition*. Singapore: Metcalf & Eddy Mc Graw Hill Company.

Valencia, S. M. (2017). Studi Literatur: Pengolahan Minyak dan Lemak Limbah Industri. *Tesis, 1–196*.

Yulianti, P. C. (2012). Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum. *Jurnal Teknik Lingkungan, 1, 1–22*.

Zhein, M. S. (2015). Karakterisasi Lumpur Tinja dari Truk Tangki Tinja di IPAL Balai Pengelolaan Infrastruktur Sanitasi Air Minum Perkotaan Dinas PU ESDM DIY. *Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

LAMPIRAN I HITUNGAN KESESUAIAN TERHADAP KRITERIA DESAIN

Perhitungan tabel 4.1 dan 4.2 (pengecekan kesesuaian unit pada kondisi lapangan dengan kriteria desain)

❖ Kolam Aerasi I

Diketahui :

- Panjang = 23,3 m
- Lebar = 6 m
- Kedalaman efektif = 2,9 m
- Volume = 405,4 m³
- Debit = 78 m³/hari
- So = BOD in = 1428 mg/L

Dihitung:

▪ Waktu retensi

Perhitungan waktu retensi dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{Waktu retensi} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \\ &= \frac{405,4 \text{ m}^3}{78 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 5,2 \text{ hari} \\ &= 124,8 \text{ jam (memenuhi)}\end{aligned}$$

▪ Beban Organik

Perhitungan laju beban organik dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Beban Organik} = \frac{S_o \times Q}{V}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1428 \frac{g}{m^3} \times 78 \frac{m^3}{hari}}{405,4 \frac{m^3}{m^3}} \\
&= 274,8 \text{ gBOD}/m^3 \cdot \text{hari} \\
&= 0,275 \text{ KgBOD}/m^3 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi)}
\end{aligned}$$

Apabila diketahui nilai debit berdasarkan desain perencanaan:

$$Q \text{ desain} = 108 \frac{m^3}{hari}$$

$$\text{BOD in} = 1000 \frac{g}{m^3}$$

Dihitung:

- **Waktu retensi**

Perhitungan waktu retensi dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Waktu retensi} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \\
&= \frac{405,4 \frac{m^3}{m^3}}{108 \frac{m^3}{hari}} \\
&= 3,75 \text{ hari} \\
&= 90 \text{ jam (memenuhi)}
\end{aligned}$$

- **Beban Organik**

Perhitungan laju beban organik dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Beban Organik} &= \frac{S_o \times Q}{V} \\
&= \frac{1000 \frac{g}{m^3} \times 108 \frac{m^3}{hari}}{405,4 \frac{m^3}{m^3}} \\
&= 266,4 \text{ gBOD}/m^3 \cdot \text{hari} \\
&= 0,266 \text{ KgBOD}/m^3 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi)}
\end{aligned}$$

❖ **Kolam Aerasi II**

Diketahui:

- Panjang = 12,6 m
- Lebar = 6 m
- Kedalaman efektif = 2,9 m

- Volume = 219,2 m³
- Debit = 78 m³/hari
- So = BOD in = 816 mg/L

Dihitung:

- **Waktu retensi**

Perhitungan waktu retensi dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Waktu retensi} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \\ &= \frac{219,4 \text{ m}^3}{78 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 2,81 \text{ hari} \\ &= 67,44 \text{ jam (memenuhi)} \end{aligned}$$

- **Beban Organik**

Perhitungan laju beban organik dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Beban Organik} &= \frac{S_o \times Q}{V} \\ &= \frac{816 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 78 \text{ m}^3/\text{hari}}{219,4 \text{ m}^3} \\ &= 290 \text{ gBOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\ &= 0,29 \text{ KgBOD/m}^3 \cdot \text{hari (memenuhi)} \end{aligned}$$

Apabila diketahui nilai debit berdasarkan desain perencanaan:

$$Q \text{ desain} = 108 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD in} = 250 \text{ g/m}^3$$

Dihitung:

- **Waktu retensi**

Perhitungan waktu retensi dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Waktu retensi} = \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{219,4 \text{ m}^3}{108 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
&= 2,03 \text{ hari} \\
&= 48,72 \text{ jam (memenuhi)}
\end{aligned}$$

- **Beban Organik**

Perhitungan laju beban organik dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Beban Organik} &= \frac{S_o \times Q}{V} \\
&= \frac{250 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 108 \text{ m}^3/\text{hari}}{219,4 \text{ m}^3} \\
&= 123 \text{ gBOD/m}^3.\text{hari} \\
&= 0,123 \text{ KgBOD/m}^3.\text{hari (memenuhi)}
\end{aligned}$$

❖ Kolam Sedimentasi

Diketahui:

- Panjang = 18,1 meter
- Lebar = 6 meter
- Kedalaman efektif = 2,9 meter
- A surface = 108,6 m²
- Volume = 314,9 m³
- Debit = 78 m³/hari
= 3,25 m³/jam
= 0,000903 m³/detik
- Viskositas Kinematis = 0,836 x 10⁻⁶ m².s
- MLSS = 2,4 kg/m³

Dihitung:

▪ Td

Perhitungan HRT dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} Td &= \frac{Volume}{Debit} \\ &= \frac{314,9 \text{ m}^3}{78 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}} \\ &= 4,03 \text{ hari (memenuhi, > 3 jam)} \\ &= 96,72 \text{ jam} \\ &= 348192 \text{ detik} \end{aligned}$$

▪ Vh

Perhitungan Vh dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} Vh &= \frac{Panjang \text{ bak}}{Td} \\ &= \frac{18,1 \text{ m}}{348192 \text{ detik}} \\ &= 0,00005 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- **R (Jari-jari hidrolis)**

Perhitungan Jari-jari hidrolis dihitung menggunakan rumus berikut

:

$$\begin{aligned} R &= \frac{(L \times H)}{(L+2H)} \\ &= \frac{(6 \times 2,9)}{(6+2(2,9))} \\ &= 1,47 \text{ meter} \end{aligned}$$

- **Cek Nre**

$$\begin{aligned} Nre &= \frac{(Vh \times R)}{\text{Viskositas Kinematis}} \\ &= \frac{(0,00005 \frac{m}{s} \times 1,47m)}{0,836 \times 10^{-6} m^2.s} \\ &= 87,9 \text{ (memenuhi, <2000)} \end{aligned}$$

- **SLR (surface loading rate)**

Perhitungan SLR dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} SLR &= \frac{Q}{A \text{ Surface}} \\ &= \frac{78 \frac{m^3}{\text{hari}}}{108,6 m^2} \\ &= 0,72 m^3/m^2.hari \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Apabila diketahui nilai debit berdasarkan desain perencanaan:

Q desain = 108 m³/hari

Dihitung:

▪ **Td**

Perhitungan HRT dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} Td &= \frac{Volume}{Debit} \\ &= \frac{314,9 m^3}{108 \frac{m^3}{hari}} \\ &= 2,92 \text{ hari} \\ &= 70,02 \text{ jam (memenuhi)} \\ &= 252288 \text{ detik} \end{aligned}$$

▪ **Vh**

Perhitungan Vh dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} Vh &= \frac{Panjang \text{ bak}}{Td} \\ &= \frac{18,1 m}{252288 \text{ detik}} \\ &= 0,00007 \text{ m/s} \end{aligned}$$

▪ **R (Jari-jari hidrolis)**

Perhitungan Jari-jari hidrolis dihitung menggunakan rumus berikut

:

$$\begin{aligned} R &= \frac{(L \times H)}{(L+2H)} \\ &= \frac{(6 \times 2,9)}{(6+2(2,9))} \\ &= 1,47 \text{ meter} \end{aligned}$$

- **Cek Nre**

$$\begin{aligned} Nre &= \frac{(Vh \times R)}{\text{Viskositas Kinematis}} \\ &= \frac{(0,00007 \frac{m}{s} \times 1,47m)}{0,836 \times 10^{-6} m^2.s} \\ &= 123,1 \text{ (**memenuhi**)} \end{aligned}$$

- **SLR (surface loading rate)**

Perhitungan SLR dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} SLR &= \frac{Q}{A \text{ Surface}} \\ &= \frac{108 \frac{m^3}{hari}}{108,6 m^2} \\ &= 0,99 m^3/m^2.hari \text{ (**memenuhi**)} \end{aligned}$$

LAMPIRAN II HITUNGAN UNIT LAMA SETELAH DILAKUKAN PERBAIKAN

- Perhitungan debit unit kolam aerasi I, kolam aerasi II dan kolam sedimentasi

❖ Kolam Aerasi I

Diketahui :

- $Q_{ave} = 78 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Rasio resirkulasi (r)= 50% atau 0,5
- Memiliki sistem aliran paralel atau *two lines*

Dihitung :

▪ Resirkulasi

$$Q_r/Q = 0,5$$

$$Q_r = 0,5 \times Q$$

$$Q_r = 0,5 \times 78 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_r = 39 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{in} = Q_{ave} + Q_r$$

$$Q_{in} = 78 \text{ m}^3/\text{hari} + 39 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{in} = 117 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{in} \text{ tiap kolam} = \frac{117 \text{ m}^3/\text{hari}}{2}$$
$$= 58,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

❖ Kolam Aerasi II

Diketahui :

- $Q_{ave} = 78 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Rasio resirkulasi (r)= 50% atau 0,5
- Memiliki sistem aliran paralel atau *two lines*

Dihitung :

▪ **Resirkulasi**

$$Q_r/Q = 0,5$$

$$Q_r = 0,5 \times Q$$

$$Q_r = 0,5 \times 78 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_r = 39 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{ave}} + Q_r$$

$$Q_{\text{in}} = 78 \text{ m}^3/\text{hari} + 39 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{in}} = 117 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{in}} \text{ tiap kolam} = \frac{117 \text{ m}^3/\text{hari}}{2}$$
$$= 58,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

❖ **Kolam Sedimentasi**

Diketahui:

➤ $Q_{\text{ave}} = 78 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 3,25 \text{ m}^3/\text{jam}$

➤ $Q_{\text{resirkulasi}} = 50\% \times 3,25 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 1,625 \text{ m}^3/\text{jam}$

Maka:

$$Q_{\text{in}} = 3,25 \text{ m}^3/\text{jam} + 1,625 \text{ m}^3/\text{jam}$$
$$= 4,875 \text{ m}^3/\text{jam}$$
$$= 117 \text{ m}^3/\text{hari}$$

LAMPIRAN III HITUNGAN DESAIN UNIT YANG DITAMBAHKAN

➤ Perhitungan Rencana Penambahan Unit *Grease and Oil Trap*, Kolam Anaerobik, Kolam Klorinasi dan *Sludge Drying Bed*

❖ *Grease and Oil Trap*

Diketahui:

- $Q_{in} = 78 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 0,054 \text{ m}^3/\text{menit}$
- $T_d = 60 \text{ menit}$
- Kedalaman kolam = 1 meter (direncanakan berdasarkan kriteria)
- Rasio P: L = 2 : 1

Dihitung:

- Hitungan Volume:
 $V = Q \times T_d$
 $= 0,054 \text{ m}^3/\text{menit} \times 60 \text{ menit}$
 $= 3,24 \text{ m}^3$
- Penentuan dimensi :
Panjang = 1,3 m
Lebar = 2,6 m
Kedalaman = 1
Pembulatan Volume = 3,38 m³

❖ Kolam Anaerobik

Diketahui:

- Debit (Q) = 78 m³/hari
- Q tiap kolam = 39 m³/hari (karena memiliki aliran *two lines*)
- BOD in = 1428,57 mg/L

Direncanakan:

- Kedalaman kolam = 3 meter (direncanakan berdasarkan kriteria desain)
- Rasio P: L = 2 : 1
- λ_v (organik kolam anaerobik) = 395 g/m³ (direncanakan berdasarkan kriteria desain)
- Memiliki sistem aliran *two lines*

Dihitung :

- V_a (Volume) = $\frac{BOD \text{ in } x Q \text{ tiap bak}}{\lambda_v}$
$$= \frac{1428 \frac{mg}{L} \times 39 \frac{m^3}{hari}}{395 \frac{g}{m^3}}$$
$$= 141 \text{ m}^3$$
- θ_a (Waktu retensi) = $\frac{V_a}{Q}$
$$= \frac{141 \text{ m}^3}{39 \frac{m^3}{hari}}$$
$$= 3,6 \text{ hari (memenuhi, } \geq 1)$$
- A (Luas tiap kolam) = $\frac{V_a}{D}$
$$= \frac{141 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$
$$= 47 \text{ m}^2$$
- Hitungan panjang : lebar = 2 : 1
$$A = P \times L = 2L \times L = 2L^2$$
$$A = 2L^2$$
$$47 \text{ m}^2 = 2L^2$$
$$L^2 = \frac{47 \text{ m}^2}{2} = 23,5 \text{ m}^2$$
$$L = 4,85 \text{ m}$$
$$P = 2 \times 4,85 \text{ m} = 9,7 \text{ m}$$

Jadi, spesifikasi tiap kolam anaerobik yang akan direncanakan yaitu sebagai berikut:

- Lebar tiap kolam anaerobik = 4,85 m
- Panjang tiap kolam anaerobik = 9,7 m
- Kedalaman tiap kolam anaerobik = 3 m
- Volume tiap kolam anaerobik = 141 m³
- BOD removal = 60 %
- BOD eff = BOD in – (60% x BOD in)
= 1428 mg/L – (60% x 1428 mg/L)
= 571 mg/L

❖ Kolam Klorinasi

Diketahui:

- Q in = 78 m³/hari
= 0,054 m³/menit
= 0,903 L/detik
- Td = 120 menit (direncanakan berdasarkan kriteria desain)
- Kedalaman = 1,5 meter (direncanakan berdasarkan kriteria desain)
- Rasio P : L = 2 : 1
- Dosis klorin = 6 mg/L (direncanakan berdasarkan kriteria desain)

Dihitung:

- V (Volume) = Td x Q in
= 120 menit x 0,054 m³/menit
= 6,5 m³

Ditentukan dimensi kolam:

Panjang = 3,1 m

Lebar = 1,4 m

Kedalaman = 1,5 m

- A (Luas kolam) = $\frac{Va}{D}$

$$= \frac{6,5}{1,5 \text{ m}}$$

$$= 4,34 \text{ m}^2$$

- Kebutuhan kaporit = $Q \text{ in} \times \frac{100}{70} \times \text{dosis klorin}$

$$= 0,903 \text{ L/detik} \times \frac{100}{70} \times 6 \text{ mg/L}$$

$$= 7,74 \text{ mg/detik}$$

$$= 0,67 \text{ kg/hari}$$

❖ *Sludge Drying Bed*

Diketahui:

$$Q \text{ lumpur} = Q_w \text{ Aerasi I} + Q_w \text{ lumpur Aerasi II}$$

$$= 1,98 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,41 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 2,39 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Direncanakan berdasarkan kriteria desain:

- SDB direncanakan berbentuk persegi Panjang
- SDB direncanakan memiliki 3 bed
- Waktu pengeringan = 10 hari
- Tebal lapisan kerikil = 0,25 m (0,15 – 0,3 m)
- Tebal lapisan pasir = 0,25 m (0,23 – 0,3 m)
- Tebal lapisan lumpur = 0,3 m (0,2 – 0,3 m)
- Konsentrasi TSS pada lumpur = 0,5 – 1,5%
- Frekuensi pembuangan lumpur = 1 hari sekali
- Daya tamping per bed = 5 hari
- Rasio Panjang dan lebar = 3 : 1
- Freeboard = 0,2 m
- Kelembaban pada lumpur = 75% (60 – 75%)
- V pipa orifice = 0,02 m/detik

Dihitung:

- **Dimensi SDB:**

$$\text{Volume lumpur per bed} = Q \text{ lumpur} \times \text{frekuensi pembuangan lumpur}$$

$$= 2,39 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5 \text{ hari}$$

$$= 11,95 \text{ m}^3 \text{ dibulatkan menjadi } 12 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} A \text{ tiap bed} &= \frac{\text{Volume lumpur per bed}}{\text{tebal lapisan lumpur}} \\ &= \frac{12 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} \\ &= 40 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang bed} = 12 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bed} = 3,3 \text{ m}$$

Total kedalaman kolam SDB

$$= h \text{ lumpur} + h \text{ pasir} + h \text{ kerikil} + \text{freeboard}$$

$$= 0,3 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,25 \text{ m} + 0,2$$

$$= 1 \text{ m}$$

▪ **Kadar air (ρ):**

Kadar dry solid = konsentrasi TSS pada lumpur

$$= 0,5 \%$$

Kadar air (ρ) = 100 % - kadar dry solid

$$= 99,5 \%$$

Kadar air pada sludge cake (ρ_1) = kelembaban pada lumpur

$$= 75 \%$$

$$\text{Volume cake kering} = \frac{V \times (1-\rho)}{(1-\rho_1) \times \text{jumlah bed}}$$

$$= \frac{12 \times (1-99,5\%)}{(1-75\%) \times 3}$$

$$= 0,08 \text{ m}^3/\text{bed}$$

▪ **Underdrain:**

Qfiltrasi = % kelembaban dalam lumpur x Q lumpur

$$= 75\% \times 2,39 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,000021 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan filtrasi} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,000021 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{40 \text{ m}^2}$$

$$= 0,000000525 \text{ m/s}$$