

**EVALUASI KINERJA IPAL PRODUKSI
INDUSTRI *CRUMB RUBBER*
(STUDI KASUS : PT.X KOTA JAMBI)**

TUGAS AKHIR



SRI WAHYUDI

1700825201032

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BATANGHARI

2022

**EVALUASI KINERJA IPAL PRODUKSI
INDUSTRI *CRUMB RUBBER*
(STUDI KASUS : PT.X KOTA JAMBI)**

TUGAS AKHIR

**Karya Ilmiah Sebagai Salah Satu Syarat Guna Meraih Gelar Sarjana Teknik
Lingkungan dari Universitas Batanghari**



SRI WAHYUDI

1700825201032

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

EVALUASI KINERJA IPAL PRODUKSI INDUSTRI *CRUMB RUBBER* (STUDI KASUS : PT.X KOTA JAMBI)

TUGAS AKHIR

Oleh

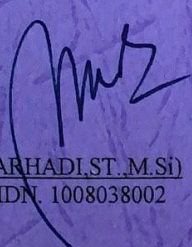
SRI WAHYUDI
1700825201032


Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul dan Penyusun sebagaimana tersebut diatas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir dan komprehensif Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, Maret 2022

Pembimbing I

Pembimbing II


(MARHADI ST. M.Si)
NIDN. 1008038002


(HADRAH ST. MT)
NIDN. 1020088802

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI KINERJA IPAL PRODUKSI INDUSTRI CRUMB RUBBER (STUDI KASUS : PT.X KOTA JAMBI)

Tugas akhir ini telah dipertahankan pada Sidang Tugas Akhir Komprehensif Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama : Sri Wahyudi
NIM : 1700825201032
Hari/ Tanggal : Jumat, 18 Februari 2022
Jam : 09.00-12.00 Wib
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik UNBARI

PANITIA PENGUJI

Ketua

1. Marhadi,ST.,M.Si
NIDN.1008038002

Anggota :

2. Siti Umi Kalsum,ST.,M.Eng
NIDN.1027067401

3. Hadrah,ST.,MT
NIDN.1020088802

4. Anggrika Riyanti,ST.,MT
NIDN.1010028704

5. Asih Suzana,ST.,MT
NIDN.1016068408

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Disahkan oleh

Dekan Fakultas Teknik

(Dr.Ir.H. Fakhrol Rozi Yamali,ME)
NIDN.1015126501

Ketua Program Studi
Teknik Lingkungan

(Marhadi,ST.,M.Si)
NIDN.1008038002

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang Bertandatangan di bawah ini :

Nama : Sri Wahyudi
NIM : 1700825201032
Judul : Evaluasi Kinerja IPAL
Produksi Industri *Crumb Rubber* (Studi Kasus : PT.X
Kota Jambi)

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri di dampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, Maret 2022

Sri Wahyudi

ABSTRAK

EVALUASI KINERJA IPAL PRODUKSI INDUSTRI *CRUMB RUBBER* (STUDI KASUS : PT.X KOTA JAMBI)

Sri Wahyudi; Dibimbing Oleh Pembimbing I Marhadi,ST.,M.Si dan Pembimbing II Hadrah,ST.,MT

ABSTRAK

Pengolahan air limbah merupakan unsur utama dalam keberhasilan suatu usaha dalam pengelolaan dan pemantauan lingkungan, untuk itu perlunya perawatan serta evaluasi yang dilakukan agar keberlangsungan perlindungan lingkungan agar terus berlanjut. Industri karet mentah (*crumb rubber*) umumnya mengolah karet dengan beberapa tahapan mulai dari sortasi bahan baku, pembersihan bokar, pencampuran makro, pengeringan gantung (*Pre-Drying*), peremahan, pengeringan dan pengepresan tentunya hal tersebut menghasilkan limbah. Metode penelitian yang dilakukan yaitu mengevaluasi kualitas air limbah dari masing-masing unit pengolahan pada IPAL produksi *crumb rubber*, serta evaluasi unit-unit IPAL berdasarkan kriteria desain yang direncanakan dan dijelaskan secara analisis deskriptif, maka dari itu hasil evaluasi kualitas parameter air limbah produksi dimana inlet pada saat masuk yaitu COD sebesar 12.876 mg/L, TSS 1.112 mg/L, BOD₅ 980 mg/L, Amonia 2,3 mg/L, Nitrogen 96 mg/L, pH 6,3. Hasil pada outlet yaitu COD sebesar 19,35 mg/L, TSS 58,67 mg/L, BOD₅ 35,1 mg/L, Amonia 0,2 mg/L, Nitrogen 10 mg/L, pH 7. Sementara desain unit IPAL tidak efisien secara kriteria desain, hal ini disebabkan karena waktu tinggal yang dihitung terlalu cepat, maka dari itu perlunya analisis kesesuaian dimensi agar memenuhi kriteria desain yang telah disyaratkan.

xv + 85 halaman, 16 tabel, 15 gambar, 6 lampiran

Kata Kunci : Evaluasi, IPAL, Crumb Rubber.

ABSTRACT

Wastewater treatment is the main element in the success of a business in environmental management and monitoring, for this reason it is necessary to carry out maintenance and evaluation so that the sustainability of environmental protection continues. The crude rubber industry (crumb rubber) generally processes rubber in several stages, starting from sorting raw materials, cleaning bokars, macro mixing, pre-drying, crushing, drying and pressing, of course, this produces waste. The research method is evaluating the quality of wastewater from each treatment unit at the WWTP production of crumb rubber, as well as evaluating the WWTP units based on design criteria that are planned and described analytic descriptively. upon admission, namely COD of 12.876 mg/L, TSS of 1.112 mg/L, BOD5 of 980 mg/L, Ammonia 2.3 mg/L, Nitrogen 96 mg/L, pH 6.3. The results at the outlet are COD 19.35 mg/L, TSS 58.67 mg/L, BOD5 35.1 mg/L, Ammonia 0.2 mg/L, Nitrogen 10 mg/L, pH 7. While the WWTP unit design inefficient in terms of design criteria, this is because the residence time is calculated too quickly, therefore it is necessary to analyze the suitability of dimensions in order to meet the required design criteria.

Keywords : Evaluation, WWTP, Crumb Rubber..

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji syukur atas kehadiran dan rahmat dari Allah Azza Wa Jalla karena Ridho dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Evaluasi Kinerja IPAL Produksi Industri *Crumb Rubber* (Studi Kasus : PT. X. Kota Jambi). Selama proses penyusunan dan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan, bimbingan, pengarahan, dan support dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada ;

1. Bapak Dr.Ir.H. Fakhru Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari;
2. Bapak Marhadi,ST.M.Si Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
3. Ibu Hadrah,ST.,MT sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
4. Keluargaku yang telah mendoakan dan memberikan *support* yang sangat berarti;
5. Semua teman-teman mahasiswa/i Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Batanghari yang telah memberikan *support* dalam penyelesaian laporan ini;

6. Semua teman-teman yang tidak disebutkan satu per satu khususnya di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari yang telah membantu dan memberikan saran dan *support* dalam penulisan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian tugas akhir ini tak luput dari kekurangan dan kesalahan, dimana ada pepatah mengatakan tak ada gading yang tak retak. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna membuat laporan ini lebih baik lagi dan menjadi referensi serta masukan kedepannya dalam memenuhi referensi bagi Fakultas Teknik Lingkungan.

Akhir kata penulis berharap laporan penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Jambi Maret 2022

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sri Wahyudi

NIM : 1700825201032

Judul : Evaluasi Kinerja IPAL Produksi Industri *Crumb Rubber* (Studi Kasus :
PT. X Kota Jambi)

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Batanghari untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding Author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi,.....,Maret 2022

Penulis

Sri Wahyudi

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
PRAKATA.....	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Karet.....	6
2.2 Limbah <i>Crumb Rubber</i>	10
2.3 Sistem Teknologi Pengolahan Limbah Karet.....	13
2.3.1 Sedimentasi (Bak Pengendap Pertama).....	13
2.3.2 Lumpur Aktif <i>Completely Mixed Activated Sludge (CMAS)</i>	14
2.4 Evaluasi Kinerja IPAL.....	15
2.5 Proses dan Prosedur Produksi Pabrik.....	22
2.6 Penggunaan Lahan.....	26
2.7 Jumlah Klasifikasi dan Waktu Operasi Pabrik Tenaga Kerja.....	27
2.8 Diagram Alir Proses Produksi.....	27

	Halaman
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Jenis Penelitian.....	30
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	30
3.3 Pengumpulan Data.....	30
3.4 Alur Penelitian.....	32
3.5 Analisis Data.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Kondisi Eksisting IPAL Produksi PT. X.....	36
4.1.1 Tahapan Unit Pengolahan IPAL Produksi.....	36
4.1.2 Kualitas Air Limbah Produksi PT. X.....	40
4.2 Proses Pengolahan Air Limbah.....	40
4.2.1 Debit Air Iimbah.....	42
4.2.2 Hasil Uji Kualitas Air Limbah.....	42
4.3 Evaluasi Penyisihan Tiap Unit Pengolahan IPAL.....	43
4.3.1 Efisiensi Removal <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	44
4.3.2 Efisiensi Removal <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	45
4.3.3 Efisiensi Removal <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD ₅).....	47
4.3.4 Efisiensi Removal Parameter Amonia.....	48
4.3.5 Efisiensi Removal Nitrogen (Nitrat dan Nitrit N ₂).....	49
4.3.6 Efisiensi Removal pH.....	50
4.4 Efisiensi Perbandingan Removal dan Baku Mutu.....	51
4.5 Evaluasi dimensi Sesuai Kriteria Desain.....	52
4.5.1 Perhitungan Dimensi Bak Kontrol.....	53
4.5.2 Bak Aerasi 1.....	56
4.5.3 Bak Aerasi 2.....	63
4.5.4 Bak Aerasi 3.....	69
4.4.5 Bak Aerasi 4.....	75
4.4.6 Bak Denitritifikasi.....	81
4.6 Evaluasi Unit IPAL	83

	Halaman
BAB V PENUTUP.....	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kriteria Desain <i>Completely Mixed Activated Sludge</i> (CMAS).....	15
Tabel 2.2 Rincian Penggunaan Lahan.....	27
Tabel 2.3 Jumlah dan Klasifikasi Tenaga Kerja.....	27
Tabel 3.1 Evaluasi Kinerja Unit Pengolahan IPAL.....	33
Tabel 4.1 Hasil Debit dan Parameter Kualitas Air Limbah Produksi pada Outlet.....	40
Tabel 4.2 Karakteristik Air limbah di Unit IPAL.....	43
Tabel 4.3 Removal pada Tiap Unit Pengolahan IPAL <i>Crumb Rubber</i>	43
Tabel 4.4 Kriteria Desain Bak Pengendap Pertama (Pra-Sedimentasi/Bak Kontrol).	53
Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan Bak Kontrol Sedimentasi Awal.....	56
Tabel 4.6 Kriteria Desain CMAS (Bak Aerasi).....	57
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 1.....	63
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 2.....	69
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 3.....	75
Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 4.....	81
Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Denitrifikasi.....	83
Tabel 4.12 Evaluasi Dimensi Unit IPAL.....	84

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Alur Proses Produksi Serta Jaringan Buangan Air Limbah.....	26
Gambar 2.2 Diagram Alir penghasil Air Limbah Proses Produksi.....	28
Gambar 2.3 Kerangka Proses Produksi <i>Rubber Crumb</i> PT.X.....	29
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	32
Gambar 4.1 Diagram Air Pengolahan Air Limbah <i>Crumb Rubber</i> PT. X.....	41
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	45
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	46
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter BOD5 (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	48
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter Amonia.....	49
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter Nitrogen (Nitrat Nitrit).....	50
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter pH.....	51
Gambar 4.8 Perbandingan Penurunan Parameter Kualitas Beban Pencemar pada Outlet dan Baku Mutu.....	52
Gambar 4.9 Bak Kontrol.....	54
Gambar 4.10 Bak Pengolahan <i>Completely Mixed Activated Sludge</i> (Aerasi).....	57
Gambar 4.11 Bak Denitrifikasi (Clarifier).....	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri karet mentah (*crumb rubber*) umumnya mengolah karet dengan beberapa tahapan mulai dari sortasi bahan baku, pembersihan bokar, pencampuran makro, pengeringan gantung (*Pre-Drying*), peremahan, pengeringan dan pengepresan. Seperti industri pengolahan lainnya, industri *crumb rubber* juga menjadi sumber limbah yang akan memberikan dampak terhadap lingkungan, baik terhadap udara, air maupun daratan. Menurut Susilawati (2018), industri karet mentah mengeluarkan bau yang tidak sedap berasal dari senyawa organik dalam karet yang diuraikan oleh mikroba. Industri karet mentah juga mengeluarkan limbah padat yang berasal dari kotoran yang ada dalam bahan olahan karet, sedangkan sumber limbah cair dihasilkan dari proses pencucian, penggilingan dan peremahan bahan.

Proses yang terjadi selama pengolahan karet menghasilkan produk-produk yang diinginkan, dan produk lain yang disebut limbah. Limbah yang menjadi masalah di pabrik-pabrik biasanya berupa cairan, yang bersumber dari proses pencucian, pencabikan, penggilingan, peremahan, pengeringan, dan pengepresan bokar. Limbah yang dihasilkan banyak mengandung bahan organik yang tinggi, sisa senyawa bahan olahan karet, senyawa karbon, nitrogen, fosfor, dan senyawa-senyawa lain seperti ammonia yang cukup tinggi (Chasri Nurhayati, dkk, 2013)

Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Katagori Limbah *crumb rubber* juga termasuk kedalam limbah industri dimana umumnya parameter yang terkandung dalam air limbah berupa Parameter yang penting untuk mengukur kualitas limbah industri karet adalah BOD, COD, TSS, Ammonia, Nitrogen Total dan pH.

Limbah produksi yang diolah di PT. X yaitu dengan pengolahan lumpur aktif. Sistem Lumpur Aktif adalah adalah proses biologik aerobik yang dapat digunakan untuk menangani berbagai jenis limbah. Pada proses lumpur yang diaktifkan, air limbah yang tak diolah atau yang diendapkan dicampur dengan lumpur yang di aktifkan balik menggunakan aerator, yang volumenya 20% hingga 50% dari volumenya sendiri. Campuran itu akan memasuki suatu tangki aerasi dimana organisme dan air. Keuntungan utama dari proses lumpur yang diaktifkan adalah karena dapat menghasilkan buangan yang bermutu tinggi dengan kebutuhan luas instalasi pengolahan yang minimum (Tchobanoglous, dalam Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat,2016).

Hasil yang ditunjukan terhadap kualitas air permukaan yang terjadi yaitu kandungan COD, BOD dan TSS masih cukup tinggi sesuai dengan laporan hasil pengujian (LHP), November 2020, PT. X *crumb rubber*. Upaya yang dilakukan agar pengolahan lebih maksimal serta mendapatkan hasil yang efisien sesuai dengan kriteria desain *removal* dari pengolahan lumpur aktif, perlu adanya kegiatan evaluasi sehingga nantinya dapat di tindak lanjuti, dari sekian banyaknya proses pengolahan serta debit limbah yang di hasilkan. Tugas akhir ini akan di evaluasi

kualitas limbah cair yang dibuang ke badan air penerima, di tinjau dari kriteria desain, dan kualitas limbah cair pada masing-masing proses pengolahan air limbah produksinya.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kinerja IPAL PT. X dalam menurunkan parameter pencemar pada air limbah produksi berdasarkan kriteria desain IPAL?
2. Bagaimana efisiensi removal kualitas limbah cair proses produksi karet PT. X sebelum dan setelah melalui proses pengolahan pada IPAL ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yaitu :

1. Mengetahui evaluasi kinerja IPAL sesuai dengan kriteria desain serta efisiensi removal terhadap parameter beban pencemar.
2. Mengetahui efisiensi penyisihan air limbah proses produksi *crumb rubber* pada masing- masing unit pengolahan;

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Parameter limbah cair yang diuji sesuai dengan peraturan PerMen LHK No. 5 Tahun 2014 untuk limbah industri yaitu sampel BOD₅, COD, TSS, Ammonia, Nitrogen Total dan pH;
2. Unit-unit IPAL yang akan dievaluasi yaitu bak kontrol/sedimentasi awal, bak aerasi, bak denitifikasi, bak sedimentasi akhir, dan bak indikator;

1.5. Sistematika Laporan

Sistematikan laporan yaitu untuk memudahkan dalam penulisan tugas akhir ini, maka disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

BAB I dari laporan tugas akhir meliputi latar belakang, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian, manfaat penelitian, dan sistematikan penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB II Merupakan tinjauan pustaka yang memuat hasil-hasil penelitian yang berhubungan dengan topik laporan tugas akhir dan teori yang melandasi penelitian tugas akhir serta peraturan-peraturan yang berhubungan dengan judul laporan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB III ini menjelaskan jenis penelitian, lokasi penelitian, kerangka pikir, persiapan alat dan bahan, penelitian utama, dan analisis yang digunakan untuk menjelaskan hasil laporan penelitian tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV ini berisikan hasil dan pembahasan dari tujuan penelitian tugas akhir yaitu mengevaluasi parameter beban pencemar pada unit IPAL pengolahan PT.X, melakukan uji laboratorium terhadap air limbah, dan mengevaluasi unit IPAL sesuai dengan kriteria desain.

BAB V KESIMPULAN

BAB V ini berisikan tentang kesimpulan dan saran hasil dari pembahasan pada bab iv.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karet

Uraian mengenai pengertian tanaman karet adalah sebagai berikut. Tanaman karet merupakan tanaman yang tumbuh didaerah tropis. Daerah yang cocok untuk tanaman karet adalah pada zona antara 15° Lintang Selatan dan 15° Lintang Utara, curah hujan yang cocok tidak kurang dari 2.000 mm/tahun atau kisaran Optimal 2.500-4.000 mm/tahun. Tanaman karet umumnya tumbuh secara baik di dataran rendah yaitu pada ketinggian 200 mdpl sampai 600 m dpl, dengan suhu 25°C-23°C. Karet alam adalah bahan polimer alam yang diperoleh dari *Hevea brasiliensis* atau *Guayule*. Sejak pertama sekali proses vulkanisasi diperkenalkan pada tahun 1839, karet alam telah dimanfaatkan secara meluas pada pembuatan ban, selang, sepatu, alat rumah tangga, olah raga, peralatan militer dan kesehatan.

Karet alam yang berwujud cair disebut lateks. Lateks atau getah karet terdapat di dalam pembuluh-pembuluh lateks yang letaknya menyebar secara melingkar di bagian luar lapisan kambium. Lateks di peroleh dengan membuka atau menyayat lapisan korteks. Penyayatan lapisan korteks tanaman karet dikenal sebagai proses penyadapan, yaitu suatu tindakan membuka pembuluh lateks agar lateks yang terdapat di dalam tanaman dapat keluar. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi lateks adalah penyadapan, arah dan sudut kemiringan irisan sadap, panjang irisan sadap, letak bidang sadap, kedalaman irisan sadap,

frekuensi penyadapan dan waktu penyadapan. Lateks hasil penyadapan dikenal dengan nama lateks kebun.

Karet merupakan suatu polimer isoprene dan juga merupakan hidrokarbon dengan rumus umum monomer $(C_5H_8)_n$. Zat ini umumnya berasal dari getah berbagai tumbuh-tumbuhan di daerah panas, terutama dari pohon karet. Getah ini diperoleh setelah dilakukan pengerjaan pada pohon karet yaitu, pohon karet yang telah cukup umur di deres batangnya, sehingga getahnya keluar, getah yang keluar inilah sering disebut dengan lateks (karet alam). Kemudian diolah menjadi berbagai macam produk karet.

Karet alam mempunyai struktur molekul *cis-1,4-polyisoprena*. Umumnya berat molekulnya berkisar 104-107 dan indeks distribusi berat molekul diantara 2,5 sampai 10. Dengan kelenturan rantai molekul yang tinggi, karet alam memiliki elastisitas luar biasa, ketahanan leleh yang tinggi, dan kehilangan histerisis yang rendah. Di saat yang sama stereoregualitas tinggi dari struktur molekul karet alam menyebabkan ketegangan pada daerah kristal yang berakibat pada kemampuan memperkuat diri sendiri yang ditandai dengan menjadi naiknya kemampuan tarik, ketahanan koyak (*tear strength*) dan ketahanan gores. Selain itu, sifat di atas membuat karet alam mudah untuk diproses.

Sejumlah lokasi di Indonesia memiliki keadaan lahan yang cocok untuk pertanian karet, sebagian besar berada di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Luas areal perkebunan karet tahun 2002 tercatat mencapai lebih dari 3,2 juta ha yang tersebar di wilayah seluruh Indonesia. Jumlah ini masih di tingkatkan lagi dengan melakukan peremajaan dan pemberdayaan lahan-lahan pertanian milik petani

serta lahan kosong/tidak produktif dan sesuai untuk perkebunan karet. Ada dua jenis karet, yaitu, karet alam dan karet sintetis. Setiap jenis karet memiliki karakteristik yang berbeda sehingga keberadaannya saling melengkapi. Adapun sifat-sifat karet alam adalah sebagai berikut:

1. Daya elastis atau daya lentingnya sempurna;
2. Sangat plastis, sehingga mudah diolah;
3. Tidak mudah panas;
4. Tidak mudah retak.

Salah satu jenis karet alam yang dikenal dipasaran adalah bahan olah karet. Bahan olah karet adalah Lateks kebun dan gumpalan lateks kebun yang didapat dari penyadapan pohon karet *Havea Brasiliensis*. Bahan olah karet ini umumnya merupakan produksi perkebunan karet rakyat, sehingga sering disebut dengan bokar (bahan olah karet rakyat). Bokar terdiri dari empat jenis yaitu:

1. Lateks kebun

Lateks Kebun adalah getah yang didapat dari kegiatan menyadap pohon karet. Syarat-syarat lateks kebun yang baik adalah:

- a. Telah disaring menggunakan saringan berukuran 40 mesh;
- b. Bebas dari kotoran dan benda – benda lain, seperti serpihan kayu atau daun;
- c. Tidak bercampur dengan bubuk lateks, air, atau serum lateks;
- d. Warna putih dan berbau khas karet segar;
- e. Kadar karet kering untuk mutu 1 sekitar 28% dan untuk mutu 2 sekitar 20%.

2. *Sheet* Angin.

Sheet Angin merupakan produk lanjutan dari lateks kebun yang telah disaring dan digumpalkan menggunakan asam semut. Kriteria sheet angin yang baik adalah :

- a. Tidak ada kotoran;
- b. Kadar karet kering untuk mutu 1 sebesar 90% dan mutu 2 sebesar 80%;
- c. Tingkat ketebalan pertama 3 mm dan ketebalan kedua 5 mm.

3. Slab Tipis

Slab Tipis merupakan bahan olahan karet yang terbuat dari lateks yang sudah digumpalkan dengan asam semut. Syarat-syarat slab tipis yang baik adalah :

- a. Bebas dari air atau serum;
- b. Tidak tercampur gumpalan yang tidak segar;
- c. Tidak terdapat kotoran;;
- d. Slab Tipis mutu 1 berkadar karet kering sebesar 70% dan mutu 2 memiliki kadar karet kering 60%;
- e. Tingkat ketebalan pertama 30 mm dan ketebalan kedua 40 mm.

4. Lump Segar

Bahan olahan karet yang bukan berasal dari gumpalan lateks kebun yang terjadi secara alamiah dalam mangkuk penampungan disebut Lump Segar. Kriteria lump segar yang baik adalah :

- a. Bersih dari kotoran;
- b. Mutu 1 berkadar karet kering 60% dan mutu 2 berkadar karet kering 50%;
- c. Tingkat ketebalan pertama 40 mm dan ketebalan kedua 60 mm.

2.2. Limbah *Crumb Rubber*

Crumb rubber merupakan karet alam yang dibuat khusus sehingga terjamin mutu teknisnya. Penetapan mutu berdasarkan pada sifat-sifat teknis dimana warna atau penilaian visual yang menjadi dasar penentuan golongan mutu pada jenis karet *sheet*, *crepe* maupun lateks pekat tidak berlaku untuk jenis yang satu ini (Mutho, 2013).

Crumb rubber dibuat agar dapat bersaing dengan karet sintetis yang biasanya menyertakan sifat teknis serta keistimewaan untuk jaminan mutu tiap bandelanya. *Crumb rubber* dipak dalam bongkah-bongkah kecil, berat dan ukuran seragam, dan ada sertifikat uji laboratorium (Handayani, 2009).

Setiap pengolahan 100 kg *lateks* yang akan dibuat *crumb rubber* umumnya akan menghasilkan lebih kurang 85% karet bersih, 10% air dan 3%-5% tatal. Dari hasil uji laboratorium didapatkan bahwa tatal mempunyai kalori yang besar yaitu sekitar 3600 cal/gr (Mutho, 2013).

Limbah pabrik *crumb rubber* saat ini belum dimanfaatkan dengan optimal bahkan cenderung memberikan efek negatif ke lingkungan yaitu bau busuk yang menyengat dikarenakan proses pembusukan pada kandungan nitrogen. Kandungan isoprennya cukup potensial untuk dimanfaatkan dalam menjawab

tantangan masalah energi, bahan bakar cair yang selama ini dikeluhkan oleh masyarakat.

Menurut Hermana,(2011), hasil dari *effluent* cenderung sama dengan limbah domestik terdiri dari bahan pencemar berupa :

- a. Padatan atau *total suspended solid* (TSS), dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua kelompok besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organis dan anorganis tergantung dari asal sumber limbah. Disamping kedua jenis padatan ini ada padatan terendap karena mempunyai diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang dalam beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya. Zat padat tersuspensi yang mengandung zat-zat organik pada umumnya terdiri dari protein, ganggang dan bakteri;
- b. *Biological Oxygen Demand* (BOD), pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organis dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. Diperhitungkan selama dua hari reaksi lebih dari sebagian reaksi telah tercapai. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagian tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Nilai ini hanya merupakan jumlah bahan organik yang dikonsumsi

bakteri. Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Dengan habisnya oksigen terkonsumsi membuat biota lainnya yang membutuhkan oksigen menjadi kekurangan dan akibatnya biota yang memerlukan oksigen ini tidak dapat hidup. Semakin tinggi angka BOD semakin sulit bagi makhluk air yang membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup.

- c. *Chemical Oxygen Demand* (COD), pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam air limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisis BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis. Untuk mengatasinya lebih tepat menggunakan analisis COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik sebagaimana pada BOD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik. Semakin dekat nilai BOD terhadap COD menunjukkan bahwa semakin sedikit bahan anorganik yang dapat dioksidasi dengan bahan kimia. Pada limbah yang mengandung logam-logam pemeriksaan terhadap BOD tidak member manfaat karena tidak ada bahan organik dioksida. Hal ini bisa jadi karena logam merupakan racun bagi bakteri. Pemeriksaan COD lebih cepat tetapi tidak mampu mengukur limbah yang dioksidasi secara biologis. Nilai-nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD;

d. Keasaman Air (pH), keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah menjadikan air steril sebagai akibatnya membunuh mikroorganisme air yang diperlukan untuk keperluan biota tertentu. Demikian juga makhluk-makhluk lain tidak dapat hidup seperti ikan. Air yang mempunyai pH rendah membuat air korosif terhadap bahan-bahan konstruksi besi dengan kontak air. Limbah atau air buangan rumah tangga mempunyai pH <7 atau bersifat asam. Adapun pH yang baik untuk air minum maupun air limbah adalah netral;

2.3. Sistem Teknologi Pengolahan Limbah Karet

Terdapat beberapa teknologi pengolahan limbah, baik limbah padat maupun limbah cair. Kedua limbah tersebut dapat di aplikasikan sebagai produk atau nilai tambah. Sistem teknologi pengolahan limbah cair antara lain, yaitu.

2.3.1. Sedimentasi (Bak Pengendap Pertama)

Tujuan bak pengendap pertama yaitu untuk menghilangkan zat padat yang tersuspensi dari jenis partikel tertentu, seperti padatan limbah hasil sisa pencacahan atau pencucian dari bokar *crumb rubber*. Hailnya akan mengalami penggumpalan pada saat partikel tersebut menuju dasar tangki sedimentasi, sehingga mempengaruhi laju pengendapan. Ini dikenal dengan pengendapan *flocculant*. Partikel seperti pasir, abu dan remah-remah tidak menggumpal, ini dikenal dengan nama pengendapan discrete. Terdapat berbagai jenis tangki sedimentasi, tetapi pada umumnya padatan dikeluarkan dari dasar tangki secara mekanis. Fungsi bak pengendap ini adalah mengurangi kandungan *suspended*

solid dalam air buangan (antara 50 % - 65%) dan menurunkan BOD (25% - 40%) yang berlangsung secara fisis tanpa pembubuh zat kimia. Lumpur endapan dialirkan ke thickener sedang filtrat dialirkan ke pengolahan berikutnya (Metcalf & Eddy dalam Fitriawanawati,2014).

Menurut Metcalf & Eddy dalam Fitriawanawati,2014 Kriteria desainnya adalah sebagai berikut:

1. Waktu detensi (td) : (1,5-2,5) jam;
2. *Overflow rate* (OR) : (3-48) m³/m²/hari pd aliran rata-rata;
3. (80 –120) m³/m² .hari pada aliran maksimal;
4. Beban pelimpahan (*weir loading*) : (125-500) m³/m hari;
5. Kedalaman (H) : (3-5) m;
6. Konsentrasi solid : (4-6)%;
7. Perbandingan panjang dan lebar : (3-5) : 1;
8. *Slope* dasar : (1-2) %.

2.3.2. Lumpur Aktif *Completely Mixed Activated Sludge* (CMAS)

Sistem Lumpur Aktif adalah adalah proses biologik aerobik yang dapat digunakan untuk menangani berbagai jenis limbah. Pada proses lumpur yang di aktifkan, air limbah yang tak diolah atau yang diendapkan dicampur dengan lumpur yang di aktifkan balik, yang volumenya 20% hingga 50% dari volumenya sendiri.

Campuran itu akan memasuki suatu tangki aerasi dimana organisme dan air. Keuntungan utama dari proses lumpur yang diaktifkan adalah karena dapat menghasilkan buangan yang bermutu tinggi dengan kebutuhan luas instalasi pengolahan yang minimum. Biaya awal lebih kecil daripada untuk instalasi filter tetesan, tetapi biaya operasinya lebih besar karena kebutuhan energi dari kompresor udara dan pompa-pompa sirkulasi lumpur (Tchobanoglous, dalam Kementerian PUPR, 2016), Maka kriteria desainnya yaitu:

Tabel 2.1 Kriteria Desain *Completely Mixed Activated Sludge* (CMAS)

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
Umur Sel	SRT	5-10	hari	Metcalf & Eddy
F/M	-	0,25-5	Hari-1	Metcalf & Eddy
Koefisien Pertumbuhan	Y	0,4-0,8	mg VSS/mg BOD ₅	Metcalf & Eddy
MLSS	-	3000-6000	mg/L	Qasim, 1985
MLVSS	X	1500-3000	g/m ³	Qasim, 1985
VSS/TSS	-	0,8	-	Metcalf & Eddy
Volumetrik Loading Rate	VLR	0,3-1,6	Kg/m ³ .hari	Metcalf & Eddy
Waktu Detensi Hidrolis	HRT	3-5	Jam	Metcalf & Eddy
Faktor Resirkulasi	R	0,25-1,0	-	Metcalf & Eddy

Sumber : Kementerian PUPR, 2016

2.4. Evaluasi Kinerja IPAL

1. Evaluasi Kinerja Penurunan Parameter COD, BOD, TSS, dan pH

Analisis removal menurut Kementerian PUPR, 2016, digunakan untuk mengetahui performa IPAL dalam mereduksi parameter pencemar yang berada pada air limbah. Perhitungan efisiensi removal pencemar didasarkan pada data kualitas inlet dan outlet tiap unit pengolahan. Hasil yang didapat akan di bandingkan dengan standar efisiensi removal unit pengolahan. Rumus efisiensi removal dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\% \text{ removal} = \frac{\text{nilai kualitas inlet} - \text{nilai kualitas outlet}}{\text{nilai kualitas inlet}} 100\% \dots \dots (\text{Persamaan 2.1})$$

Dengan rumus yang sama, dapat dihitung pula efisiensi removal total proses pengolahan. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan IPAL dengan keseluruhan unit pengolahan dalam mereduksi parameter pencemar. Perhitungan ini dilakukan dengan cara pengujian inlet dan outlet IPAL (Kementrian PUPR,2016). Hasil yang didapatkan dalam satuan persen tersebut akan dibandingkan dengan standar efisiensi removal unit pengolahan.

Evaluasi kinerja unit pengolahan IPAL Berdasarkan (Kementrian PUPR,2016).

a. *Hidraulik Retention Time* (HRT)

Hidraulik Retention Time (HRT) atau waktu tinggal hidraulik merupakan waktu rata-rata air limbah berada atau tinggal dalam unit pengolahan. Rumus HRT dapat dilihat pada persamaan 2.2 berikut.

$$HRT = \frac{V}{Q} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2.2})$$

Dimana :

V = Volume Reactor (m³)

Q = Debit Limbah Inlet Unit Pengolahan (m³/jam)

b. *Overflow Rate* (OFR)

Overflow Rate (OFR) atau tingkatan pelimpahan, yaitu perbandingan antara debit dan luas permukaan dari tiap bangunan, yang dinyatakan dalam satuan m³/m². hari. Kondisi *overflow rate* ini akan berpengaruh

terhadap *removal* (pengurangan) kadar TSS dan BOD. Rumus OFR dapat dilihat pada persamaan 2.3 berikut.

$$OFR = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.3)}$$

Dimana

A = Luas Permukaan (m²)

Q = Debit Air Limbah (m³/hari)

OFR = Tingkat Pelimpahan (m³/m².hari)

c. *Scouring Velocity*

Terjadinya pengurasan (*Scouring Velocity*). Dimana didalam bak pengendap, kecepatan horizontal partikel perlu dijaga (tidak melebihi kecepatan kritis) agar partikel yang telah terendapkan tidak tergerus dari dasar bak. Rumus *scouring velocity* dapat dilihat pada persamaan 2.4 berikut.

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 k \times (sg-1) \times g \times dp}{f}} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.4)}$$

Dimana :

V_{sc} = *Scouring Velocity* (m/dt)

k = konstanta material *scouring* (0,04)

sg = *Specific Gravity partile* (berdasarkan suhu)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

dp = diameter partikel (m)

f = *factor Darcy-Weisbach* (0,22-0,03)

d. Beban *organic volumetric* tingkat

Beban *organic volumetric* tingkat adalah jumlah BOD atau COD diterapkan pada volume tangki aerasi per-hari. Rumus beban *organic volumetric* tingkat dapat dilihat pada persamaan 2.5.

$$L_{org} = \frac{(Q)(S_0)}{(v)\left(\frac{10^3 g}{kg}\right)} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.5)}$$

Dimana :

L_{org} = beban *organic volumetric* (kg.BOD/m³.d)

Q = debit limbah inlet unit pengolahan (m³/hari)

S_0 = konsentrasi BOD inlet (g/m³)

V = volume tangki unit pengolahan (m³)

e. MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solids*)

Isi dalam bak aerasi pada proses pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai MLSS dan merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS terdiri dari semua padatan dalam tangki aerasi (Gerardi,dalam Kementrian PUPR,2016). Perhitungan MLSS dapat dihitung dengan persamaan 2.6.

$$\text{Mass of MLSS} = (X_{TSS}) (v) = (PX_{,TSS}) \text{ SRT} \dots\dots\dots \text{(persamaan 2.6)}$$

Dimana :

X_{TSS} = total MLSS ditangki aerasi (g TSS/m³)

SRT = Solid Retention Time (d)

Px, TSS = Total Solid yang dibuang perhari (g TSS/d)

V = volume tangki unit penglahan (m³)

f. *Solid loading* (beban padatan)

Nilai *solid loading* berfungsi untuk menghitung beban padatan yang dapat ditampung oleh bak pengendap yang berada setelah proses bak aerasi. *Solid loading* dihitung dengan persamaan 2.7.

$$SL \text{ tiap bak} = \frac{(Q+Q_r) \times MLSS}{A} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.7})$$

Dimana :

A = luas permukaan (m²)

Q = debit air limbah (m³/jam)

Q_r = debit pengembalian lumpur (m³/jam)

MLSS = *Mixed Liquor Suspended Solid* (mg/L)

g. F/M ratio

F/M ratio, yaitu perbandingan antara substrat (*food*) terhadap mikroorganisme yang memakannya (M) di tangki aerasi. Rumus F/M ratio dapat dilihat pada persamaan 2.8.

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \cdot (S_0 - S)}{(V)(X)} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.8})$$

Dimana :

F/M = *food to mass ratio* (g BOD₅)

Q = debit inlet air limbah (m³/detik)

S₀ = Konsentrasi BOD₅ inlet (g/m³)

V = Volume tangki unit pengolahan (m³)

X = MLSS ditangki aerasi (g/m³)

S = Konsentrasi BOD₅ outlet (g/m³)

h. nilai pengembalian lumpur

nilai pengembalian lumpur digunakan untuk mengetahui nilai debit *return sludge*. Selanjutnya akan dibandingkan dengan standar criteria.

Nilai pengembalian lumpur dapat dihitung dengan persamaan

$$MLSS (Q+Q_r) = TSS_{sludge} \times Q_r \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.9})$$

Dimana :

$$Q_r = \text{debit } return \text{ sludge (m}^3/\text{hari)}$$

$$Q = \text{debit inlet air limbah (m}^3/\text{hari)}$$

$$TSS_{sludge} = \text{konsentrasi BOD}_5 \text{ inlet (g/m}^3\text{)}$$

$$MLSS = \text{nilai MLSS (mg/L)}$$

i. umur lumpur

umumnya disebut waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell resident time*).

Parameter ini menunjukkan waktu tinggal mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam system lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroorganisme dalam bak aerasi dapat dihitung dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba (Qasim,dalam Kementrian PUPR,2016). Umur lumpur dapat ditentukan dengan persamaan

$$SRT = \frac{(MLVSS \times V_{at})}{(Q_{in} \times X_{in}) + (Q_{out} \times X_{out})} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.10})$$

Dimana :

$$V_{at} = \text{Volume bak aerasi (L)}$$

$$SRT = \text{Sludge Retention Time (Hari)}$$

MLVSS = *Mixed Liquor Volatile Suspended Solid* (mg/L)

Q_{in} = Debit *inlet* (L/hari)

Q_{out} = Debit *Outlet* (L/hari)

X_{in} = Konsentrasi VSS *inlet* (mg/L)

X_{out} = Konsentrasi VSS *outlet* (mg/L)

j. kebutuhan oksigen

kebutuhan oksigen dihitung guna keberlangsungan proses aerobik di tanki aerasi. Rumus kebutuhan oksigen dapat dilihat pada persamaan

$$R_o = \frac{Q \times (S_o - S)}{f} - 1,42 P_x \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.11})$$

$$P_x = Y_{obs} \times Q \times (S_o - S)$$

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + (K_d \times \theta_c)}$$

Dimana :

R_o = jumlah kebutuhan oksigen (kg O₂/hari)

S_o = konsentrasi BOD *inlet* (mg/L)

S = konsentrasi BOD₅ *outlet* (mg/L)

Q = debit inlet bak aerasi (m³/detik)

F = factor konversi BOD₅ ke BODL = 0,68

P_x = massa organik yang dibuang (kg/hari)

Y_{obs} = koefisien penelitian

Y = koefisien tumbuh = 0,6

K_d = koefisien mati = 0,06/hari

θ_c = umur lumpur (hari)

X = jumlah MLSS dalam unit pengolahan (kg/m³)

Kriteria diatas merupakan perhitungan persentase kemampuan bak pengolahan dalam menurunkan parameter beban pencemar pada air limbah produksi karet berdasarkan (Desiminasi Keteknikan Bidang Air limbah PLP,2013).

2.5. Proses dan Prosedur Produksi Pabrik

PT. X secara sistem proses dan prosedur produksi terdiri dari beberapa tahapan kegiatan yaitu seperti :

1. Penerimaan Bahan Olah (Bongkar Muat)

Kegiatan penerimaan bahan olah adalah kegiatan menurunkan bahan olah dari mobil truk yang berasal dari tempat pembelian atau agen komisi yang lokasinya dikelurahan Payo Selincih Kecamatan Jambi Timur Kota Jambi dan pedagang perantara yang berasal dari Kabupaten tingkat II;

2. Penyimpanan Bahan Olah

Kegiatan menyimpan bahan olah adalah kegiatan menyimpan sementara bahan olah ditempat penyimpanan bahan olah, baik ditempat tertutup (pakai dinding dan atap), atau jika keadaan mendesak ditempatkan ditempat terbuka, sebelum bahan olah tersebut diproses lebih lanjut. Kegiatan menyimpan bahan olah ini berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan yaitu berupa limbah cair yang keluar dari tumpukan bahan olah tersebut;

3. Pencacahan, Pencampuran, dan Pencucian

Kegiatan pencacahan, pencampuran, dan pencucian adalah kegiatan membersihkan bahan olah dari kotoran yang terdapat di luar maupun

didalam bahan olah (bokar) dengan cara mencacah menggunakan alat *breaker* dan *hamermil*, sebagai alat penunjang untuk memudahkan dalam menghantar ke alat-alat yang di maksud menggunakan *belt conveyor* dan *bucket conveyor* disamping memudahkan karyawan mengambil kotoran (kontaminasi) yang masih menempel dicacahan. Hasil cacahan yang keluar dari setiap alat pencacah dimasukkan kedalam bak berisi air untuk mencuci cacahan dari kotoran yang menempel dan melarutkannya didalam air dan agar cacahan tercampur. Kegiatan pada tahap ini berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan berupa limbah cair, limbah padat dan kebisingan;

4. Penggilingan dan Pencucian

Kegiatan penggilingan dan pencucian ini adalah menyatukan kembali potongan/cacahan karet basah menjadi lembar karet (*blanket*) yang siap dijemur/digantung. Alat yang digunakan dalam proses ini adalah mangel dan *belt conveyor*. Dalam proses ini juga dilakukan pembersihan karet terhadap pasir yang masih menempel dengan memasukan *blanket* kedalam air, dipertengahan proses penggilingan dilakukan perajangan (*cutter*) yang berfungsi sama. Pada tahap ini berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan berupa limbah cair, limbah padat, dan bising;

5. Penjemuran

Kegiatan penjemuran bukan dalam pengertian dijemur diterik sinar matahari melainkan adalah proses penirisan air yang terdapat pada

blanket dengan cara menggantungkan blanket dan mengeringkannya dengan cara di anginakan dikamar jemur selama 10-15 hari atau lebih, tergantung kondisi cuaca dan menyesuaikan dengan permintaan pelanggan. Sebelum dilakukan penjemuran *blanket* terlebih dahulu dibubuhi cairan *Deoraub (liquid smoke)* untuk mengurangi bau yang berasal dari blanket. Kegiatan pada tahap ini berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan berupa limbah gas;

6. Penggilingan, Penyeragaman, Peremahan, dan Pencucian

Kegiatan ini merupakan proses penggilingan kembali lembaran karet yang berasal dari kamar jemur untuk disatukan kembali agar mempermudah peremahan karet yang telah dijemur kedalam mesin *cutter*. Proses peremahan sendiri adalah pemotongan lembaran karet menjadi potongan-potongan kecil berukuran 5 mm untuk kemudian dibersihkan serta diseragamkan dalam bak pencampuran dan dimasukkan kedalam *trolley* melalui mesin pompa hisap. Kegiatan pada tahap ini berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan berupa limbah cair, debu, dan kebisingan;

7. Pemasakan/*Dryer*/Oven

Proses ini mengeringkan butiran karet remah yang telah diisikan kedalam *trolley*. Proses ini dilakukan dengan memasukkan *trolley* yang berisi karet remah basah kedalam oven berudara panas (*dryer*) selama 3-3,5 jam sesuai dengan lama jemur dan permintaan pelanggan, kemudian didinginkan;

8. Timbang, Press, dan Bungkus

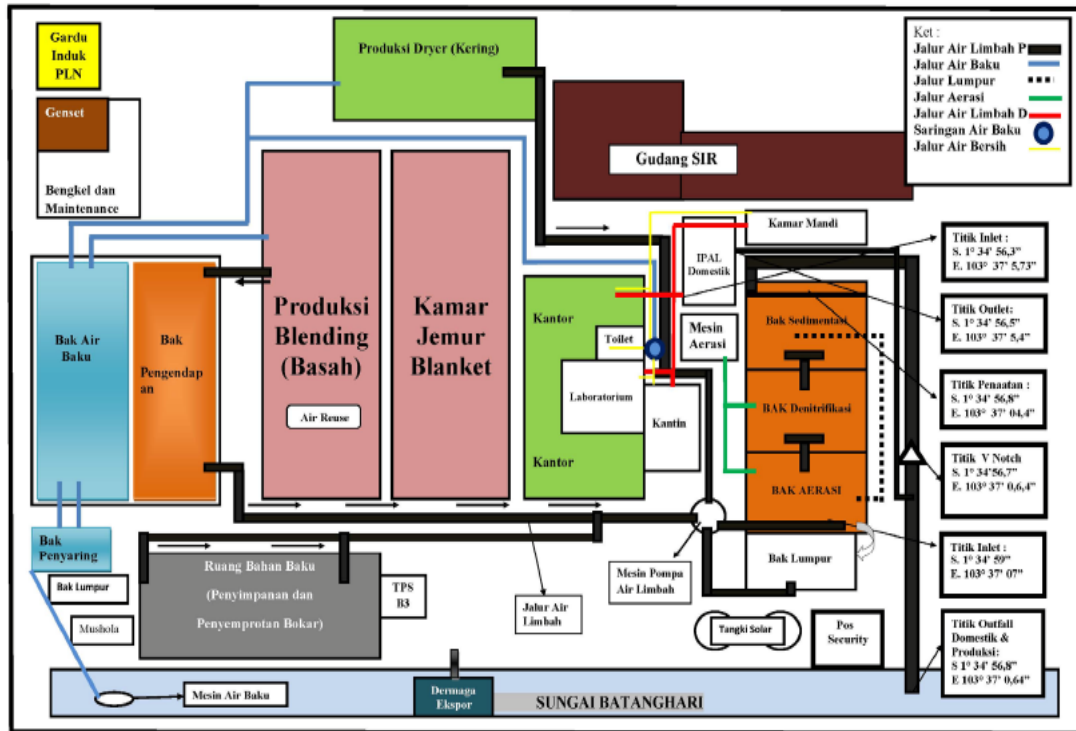
Kegiatan ini merupakan kegiatan akhir proses produksi sebelum karet remah dikemas dan dieskpor. Setiap cake yang keluar dari *dryer* dikeluarkan dari *trolley* untuk dilakukan penimbangan dengan berat 35 Kg. Setelah ditimbang kemudian di press sehingga berbentuk *ball* persegi dan sudah menjadi produk akhir (SIR). Setelah pengempaan dilakukan pemeriksaan akhir bila masih terdapat kotoran kemudian diambil dan dipisahkan. Agar dapat memastikan bahwa diluar maupun didalam *ball* tidak terdapat besi (kontaminasi), *ball* terlebih dahulu melalui metal detector sebelum memastikan bahwa bagian tengah dari SIR telah masak dilakukan dengan cara memotong *ball* tersebut dibagian tengahnya. Setelah diperiksa selesai maka produk akhir ini ditimbang ulang dan diambil sampel dengan cara memotong sisi ball kemudian dibungkus;

9. Pengemasan *Metal Box*, *Peti Pallet* dan *Shrink Wrapped*

Kegiatan ini adalah proses pengepakan dan marking yang merupakan kegiatan akhir yang dilakukan sebelum karet SIR disimpan atau dijual. Proses dilakukan dengan menyusun *ball* karet yang dibungkus kedalam *metal box*, peti *pallet*, dalam bentuk kemasan *shirink wrapped*, sesuai petunjuk yang disesuaikan dengan permintaan pelanggan. Setelah selesai maka ditutup dan diberi merk sesuai dengan petunjuk;

10. Penyimpanan Barang Siap Ekspor

Proses ini adalah kegiatan pengelompokkan dan pemisahan kemasan produk siap ekspor sesuai SI/Stok, dan disusun pada tempat terlindung yang telah disediakan dengan menggunakan Fork Lift;



Gambar 2.1 Alur Proses Produksi Serta Jaringan Buangan Air Limbah (PT.X Kota Jambi,2021)

2.6. Penggunaan Lahan

Kegiatan Pabrik *Crumb Rubber* ini berlokasi di Jalan KH. A. Tomo Kelurahan Arab Melayu Seberang Kota Jambi, Kecamatan Pelayangan, Kota Jambi, Provinsi Jambi dengan luas lahan berdasarkan sertifikat Hak Guna Bangunan (HGB) adalah 21.679 m² dengan perincian pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Rincian Penggunaan Lahan

No	Peruntukan Lahan	Luas Lahan (m ²)
1.	Lahan tertutup bangunan/ material Kedap Air	
	a. Bangunan Pabrik Produksi dan Kamar Jemur	5.369
	b. Bangunan Lain Gudang Bokar, Barang Jadi/ Benkel, Kantor dan Pos Satpam	4.352 - -
	c. Jalan dan Saluran	848
	d. Instalasi Pengolahan Air Limbah Produksi	697
	e. Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	17,57
	f. Tempat Istirahat/ Ibadah	266
2	Lahan Terbuka Taman, Halaman Gudang Sir, Halaman Kantor	5.167
3	Lahan Cadangan	5.833
Total Luas Lahan		22.550

Sumber : PT. X, 2021

2.7. Jumlah Klasifikasi dan Waktu Operasi Pabrik Tenaga Kerja

Pabrik PT. X beroperasi dalam 1 (satu) minggunya 6 hari kerja dengan jam 08.00-16.00 wib. Tenaga kerja yang terlibat dalam operasional ini berjumlah 231 orang dengan klasifikasi dan kualifikasi secara rinci disajikan pada tabel berikut :

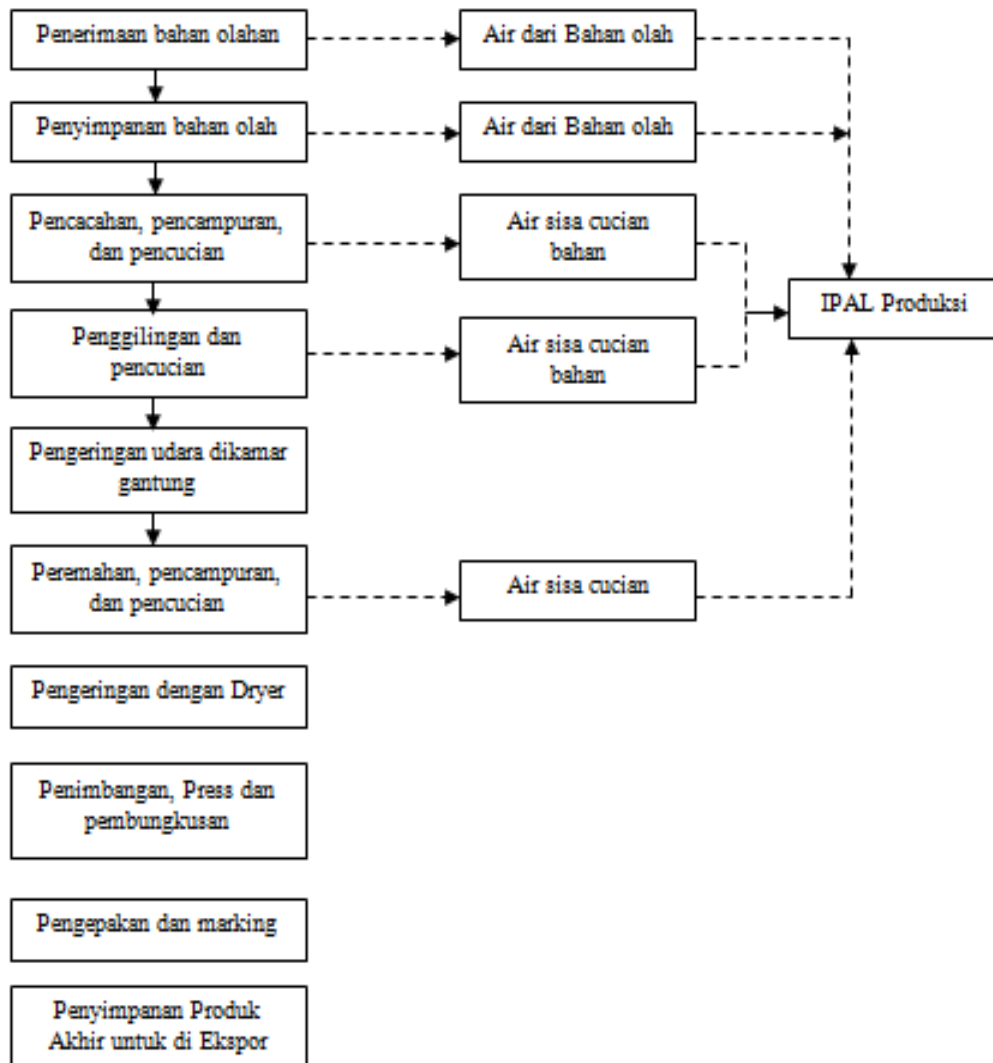
Tabel 2.3 Jumlah dan Klasifikasi Tenaga Kerja

No	Klasifikasi Perkerjaan	Jenis Kelamin		Jumlah
		Laki-laki	Wanita	
1	Direktur	1	-	1
2	Karyawan	207	24	231

Sumber: PT. X,2020

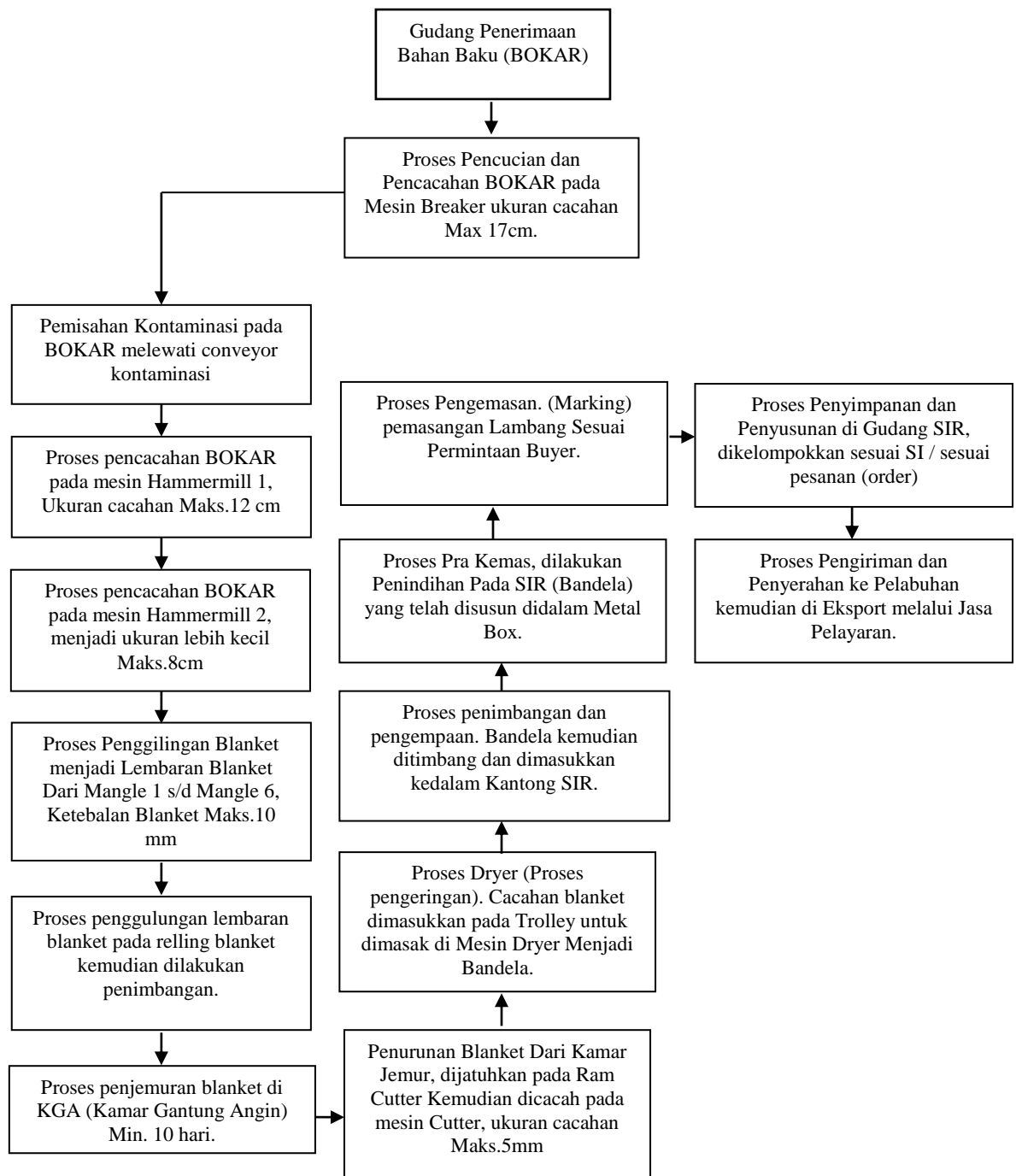
2.8. Diagram Alir Proses Produksi

Proses produksi yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat dibuat proses diagram alir proses produksi kegiatan pabrik, sumber-sumber kegiatan air limbah pada proses produksi ditandai pada diagram alir tersebut. air limbah yang dihasilkan dari hasil bahan olah sejak tahap penerimaan dan penyimpanan. Semua air limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi ke dalam IPAL produksi.



Gambar 2.2 Diagram Alir penghasil Air Limbah Proses Produksi (PT. X Kota Jambi,2021)

Proses Produksi *Rubber Crumb* PT.X dapat dilihat pada diagram alir kegiatan mulai dari penerimaan bahan baku sampai proses pengiriman dan Penyerahan ke-pelabuhan kemudian di ekspor melalui jasa pelayaran adapun diagram alir dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kerangka Proses Produksi *Rubber Crumb* PT.X

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif dalam penelitian ini yaitu digunakan untuk mengolah data yang telah diuji yang nantinya dijabarkan secara grafik.

3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu dalam penelitian ini dilakukan mulai dari September 2021 sampai dengan Februari 2022 dimana pengambilan sampel penelitian yaitu pada bulan November sampai Desember 2021. Lokasi penelitian mengambil studi kasus industri karet *crumb rubber* PT.X, Kota Jambi dimana sampel hasil olahan di uji dilaboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Batanghari Jambi.

3.3. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam menyelesaikan studi ini dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder:

1. Data Primer

Paramater inlet dan *outlet* pada tiap unit pengolahan yang meliputi BOD₅, COD, TSS, Ammonia, Nitrogen Total dan pH;

2. Data Sekunder

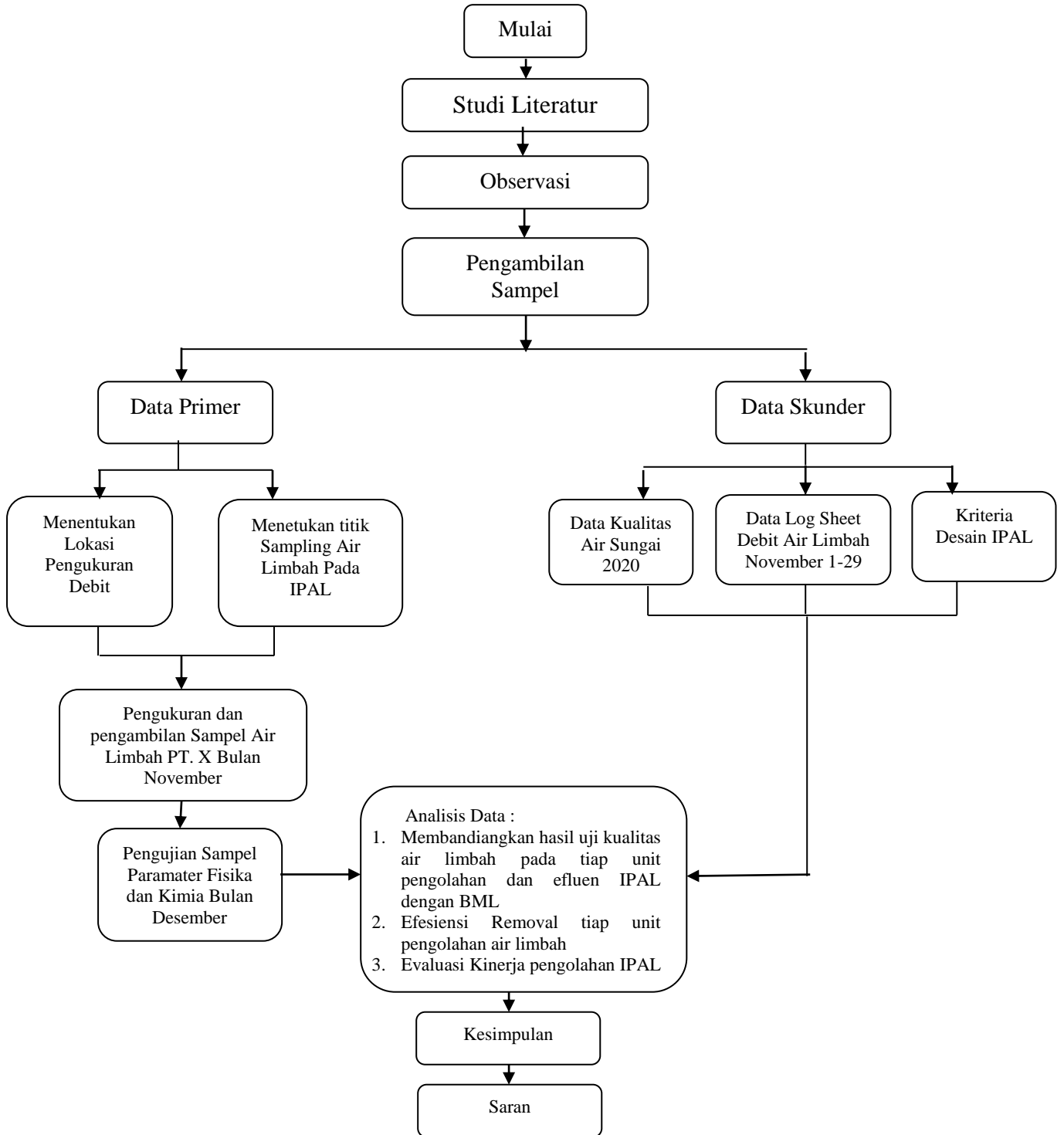
- a. Diagram alir proses produksi dan proses pengolahan air limbah;
- b. Kualitas air Sungai Batanghari;

c. Data *Log Sheet* Debit Air Limbah;

d. Kriteria Desain IPAL;

3.4. Alur Penelitian

Penelitian dilakukan mengacu pada alur gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.5. Analisis Data

Analisis removal digunakan untuk mengetahui performa IPAL dalam mereduksi parameter pencemar yang berada pada air limbah. Perhitungan efisiensi removal pencemar didasarkan pada data kualitas *inlet* dan *outlet* tiap unit pengolahan. Hasil yang didapat akan di bandingkan dengan standar efisiensi removal unit pengolahan. Rumus efisiensi removal dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\% \text{ removal} = \frac{\text{nilai kualitas inlet} - \text{nilai kualitas outlet}}{\text{nilai kualitas inlet}} \times 100\%$$

1. Evaluasi kinerja penurunan BOD, COD, TSS, Ammonia, Nitrogen Total dan pH;

Tabel 3.1 Evaluasi Kinerja Unit Pengolahan IPAL

Evaluasi	Keterangan
<i>Hidraulik Retention Time</i> (HRT)	<i>Hidraulik Retention Time</i> (HRT) atau waktu tinggal hidraulik merupakan waktu rata-rata air limbah berada atau tinggal dalam unit pengolahan (Kementian PUPR,2016)
<i>Oferflow Rate</i> (OFR)	<i>Overflow Rate</i> (OFR) atau tingkatan pelimpahan, yaitu perbandingan antara debit dan luas permukaan dari tiap bangunan, yang dinyatakan dalam satuan m ³ /m ² . hari. Kondisi <i>overflow rate</i> ini akan berpengaruh terhadap <i>removal</i> (pengurangan) kadar TSS dan BOD (Kementian PUPR,2016)
<i>Scouring Velocity</i>	Terjadinya pengurasan (<i>Scouring Velocity</i>). Dimana didalam bak pengendap, kecepatan horizontal partikel perlu dijaga (tidak melebihi kecepatan kritis) agar partikel yang telah terendapkan tidak tergerus dari dasar bak (Kementian PUPR,2016)
Beban Organik Volumetrik	Beban <i>organic volumetric</i> tingkat adalah jumlah BOD atau COD diterapkan pada volume tangki aerasi per-hari (Kementian PUPR,2016)

Tabel 3.1 Evaluasi Kinerja Unit Pengolahan IPAL (Lanjutan)

Evaluasi	Keterangan
Beban Organik Volumetrik	Beban <i>organic volumetric</i> tingkat adalah jumlah BOD atau COD diterapkan pada volume tangki aerasi per-hari (Kementian PUPR,2016)
MLSS (<i>Mixed Liquor Suspended Solids</i>)	Isi dalam bak aerasi pada proses pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai MLSS dan merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganismes serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS terdiri dari semua padatan dalam tangki aerasi (Gerardi,dalam Kementrian PUPR,2016)
<i>Solid Loading</i> ;	Nilai <i>solid loading</i> berfungsi untuk menghitung beban padatan yang dapat ditampung oleh bak pengendap yang berada setelah proses bak aerasi (Kementian PUPR,2016)
F/M ratio;	F/M ratio, yaitu perbandingan antara substrat (<i>food</i>) terhadap mikroorganismes yang memakannya (M) di tangki aerasi (Kementian PUPR,2016)
Nilai Pengembalian Lumpur;	Nilai pengembalian lumpur digunakan untuk mengetahui nilai debit <i>return sludge</i> . Selanjutnya akan dibandingkan dengan standar kriteria. (Kementian PUPR,2016)
Umur Lumpur;	Umumnya disebut waktu tinggal rata-rata sel (<i>mean cell resident time</i>). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal mikroorganismes dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam system lumpur aktif (Kementian PUPR,2016)

3. Tahap Optimasi

Pada tahap perencanaan ini menggunakan evaluasi dari unit yang telah ada. Tahapan kegiatan evaluasi dan optimasi secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Analisa efisiensi pengolahan biologis IPAL Industri crumb rubber PT.X;
- b. Evaluasi *preliminary design*;

- c. Evaluasi pengolahan biologis pada IPAL Industri *crumb rubber* PT.X;
- d. Evaluasi pengolahan biologis dengan perbandingan baku mutu;
- e. Perhitungan optimasi kinerja pada aspek teknis dan aspek finansial pengolahan biologis IPAL Industri *crumb rubber* PT.X;
- f. Kesimpulan dan saran

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Eksisting IPAL Produksi PT. X

Desain dan teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Produksi pada PT. X menggunakan sistem aerob dengan beberapa proses yaitu Aerasi, Denitrikasi, dan Sedimentasi dengan sistem lumpur aktif dan pemberian *blower diffuser*. Adapun total volume yang ditambahkan dari tiap-tiap bak IPAL yaitu sebesar 3.196 m³ dengan rincian sebagai berikut :

1. Sedimentasi Awal dari proses blending, dengan volume 430 m³;
2. Proses kolam Aerasi, dengan volume 780 m³;
3. Proses kolam Denitrifikasi, dengan volume 754 m³;
4. Proses kolam Sedimentasi Akhir, dengan volume 1.232 m³

4.1.1. Tahapan Unit Pengolahan IPAL Produksi

A. Bak Kontrol

Semua aliran air limbah dari kegiatan pada proses basah akan menuju ke bak kontrol induk. Pada bagian atas bak kontrol induk di pasang saringan yang terbuat dari plat stainless berukuran 240 cm x 360 cm. Saringan ini bertujuan untuk memisahkan air dengan pasir, tatal butiran karet, dan lain-lain yang terdapat didalam bahan baku agar tidak masuk pada proses berikutnya.

Kemudian air limbah yang lolos saringan Bak Petak Pertama sampai dengan Bak Petak 2 Pengaliran bertujuan untuk mengumpulkan partikel-

partikel berat dan kasar yang terendap seperti pasir dan tatal. Pada Bak Petak 1 sampai 3 terdapat pompa hisap yang menggunakan *blower* untuk menghisap tatal dan pasir yang kemudian disalurkan kedalam bak penampungan tatal dan pasir, sedangkan pada Bak Petak 2 diletakkan sekat agar air limbah mengalir melalui bawah, sehingga partikel terapung dapat diambil. Setelah itu air limbah dialirkan dengan menggunakan mesin pipa hisap ke tahap selanjutnya (Aerasi, Denitrikasi, dan Sedimentasi);

B. Bak Aerasi

Bak aerasi merupakan proses pengurangan polutan secara aerobik menggunakan bantuan udara dari *blower*. Waktu pemberian udara diberikan minimal selama 8 jam (Davis,2012). Terdapat 4 pompa *blower* yang mana akan menyala 4 unit untuk mengalirkan udara membawa oksigen ke dalam bak aerasi, Bak ini memiliki ukuran total sebesar panjang 1800 cm, lebar 1800 cm dan kedalaman 300 cm sehingga memiliki volume 972 m^3 . Bak aerasi memiliki 4 bagian dengan ukuran berbeda-beda. Penjelasan ukuran bak bersih sebagai berikut :

- a) Kolam 1 : Panjang 500 cm, Lebar 1.730 cm, Kedalaman 270 cm, Ruang bebas 30 cm;
- b) Kolam 2 : Panjang 500 cm, Lebar 1.730 cm, Kedalaman 270 cm, Ruang bebas 30 cm;
- c) Kolam 3: Panjang 450 cm, Lebar 1.730 cm, Kedalaman 260 cm, Ruang bebas 40 cm;

d) Kolam 4 : Panjang 250 cm, Lebar 1.730 cm, Kedalaman 260 cm, Ruang bebas 40 cm. Saat terjadi jam puncak maka waktu tinggal θ air limbah sebagai berikut

$$\theta = \frac{V}{Q_{h-\text{maks}}} = \frac{972 \text{ m}^3}{142,33 \text{ m}^3/\text{jam}} = 6,829 \text{ jam}$$

$$Q_{h-\text{maks}} = 2 \times \text{debit maksimum rata - rata}$$

$$Q_{h-\text{mak}} = (2) \times 71,17 \text{ m}^3/\text{jam} = 142,33 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal pemberian udara dalam proses aerasi berlangsung selama 6,829 jam;

C. Bak Denitrifikasi

Bak denitrifikasi merupakan bak pengendap tatal dan pasir yang akan ditampung secara *overflow* untuk membantu penguraian polimer organik polutan secara anaerob. Dimensi bak ini memiliki ukuran panjang 3.100 cm, lebar 800 cm dan kedalaman 350 cm. sehingga volumenya adalah 868 m³. Bak denitrifikasi memiliki 2 bagian kolam. Kolam 1 dan 2 memiliki ukuran yang sama yaitu : Panjang 3.100 cm, Lebar 380 cm, Kedalaman 320 cm, Ruang bebas 30 cm. Apabila debit puncak sedang berlangsung maka waktu tinggal air limbah pada bak denitrifikasi adalah sebagai berikut:

$$\theta = \frac{V}{Q_{h-\text{maks}}} = \frac{868 \text{ m}^3}{142,33 \text{ m}^3/\text{jam}} = 6,099 \text{ jam}$$

Pada bak ini dilakukan proses denitrifikasi, yaitu mengubah senyawa nitrat menjadi N₂ yang mudah dilepas. Untuk penguraian ini perlu dilakukan penurunan pasokan oksigen secara drastis dan fungsi *diffuser* sekedar untuk mengaduk lumpur didasar bak sehingga tidak terjadi pengendapan;

D. Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi berfungsi sebagai pengendapan lumpur hasil pengolahan dari bak denitrifikasi dimana lumpur yang dihasilkan sebagian besar akan di *recycle* pada bak aerasi, agar dapat digunakan sebagai media pembiakan bakteri pengurai. Bak ini memiliki ukuran sebesar panjang 3.177 cm, lebar 626 cm, dan kedalaman 220 cm. Total volume untuk penampungan sedimentasi sebesar 437,54 m³ dan dilengkapi dengan 18 buah air *pump*. Untuk volume efektif bak sedimentasi adalah 437,54 m³ dengan waktu tinggal minimal yang biasa digunakan untuk bak sedimentasi adalah 1,5 sampai 2,5 jam. Oleh karena itu waktu tinggal pada bak ini harus memenuhi kriteria minimal 2,5 jam apabila konsentrasi lumpur pada kolam sedimentasi terlalu tinggi maka sebagian lumpur tersebut akan disedot menggunakan pompa menuju tangki pengentalan lumpur yang berada di bak indikator. Lumpur tersebut dikelola didalam bak aerasi sebelum dipindahkan kelokasi penumpukan. Bagian ujung bak sendimentasi juga difungsikan sebagai bak indikator, yang diberi sekat kawat dan didalamnya dilepas jenis ikan air tawar. Adapun jam puncak waktu tinggal pada bak sedimentasi adalah sebagai berikut

$$\theta = \frac{V}{Q_{h-\text{maks}}} = \frac{437,54 \text{ m}^3}{142,33 \text{ m}^3/\text{jam}} = 3 \text{ jam}$$

E. Bak Indikator

Bak ini berfungsi untuk memantau kondisi pengolahan pada bak aerasi yang telah dilakukan pada prinsipnya tidak diperlukan analisis kebutuhan waktu tinggal. Air hasil olahan pada bak inidikator sebagian di *recycle* ke

pabrik untuk digunakan pada proses pencucian bokar, *recycle* dapat mengurangi kebutuhan air baku dari air sungai dan mengurangi debit air limbah yang akan dibuang ke badan air penerima.

4.1.2. Kualitas Air Limbah Produksi PT. X

Berdasarkan data sekunder dari industri karet PT. X air limbah produksi sudah di uji terlebih dahulu pada tanggal 8 Agustus 2020 berdasarkan laporan hasil uji yang dikeluarkan oleh laboratorium Jambi Lestari Internasional berdasarkan PerMen LH No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, hasil uji kualitas air limbah produksi PT. X adalah sebagai Berikut.

Tabel 4.1 Hasil Debit dan Parameter Kualitas Air Limbah Produksi pada Outlet

No	Aliran	Debit m ³ /detik	BOD ₅ mg/L	COD mg/L	TSS mg/L	Amonia mg/L	pH	Nitrogen mg/L
1	AL- Produksi	0,01977	19,56	58,67	10,00	0,16	7,5	-
2	BML	40 m ³ /ton produksi karet	60	200	100	5	6,9- 9,0	10

Sumber : Hasil Olah Data PT. X, 2020

Keretangan :

AL – Produksi : Air limbah Produksi dari outlet IPAL Produksi diambil dari LHU pada PT. X tanggal 8 Agustus 2020
: Baku Mutu maksimal Air limbah domestik Permen LHK RI. No. P.5 Tahun 2014

Kualitas air limbah produksi pada outlet masih sesuai dengan baku mutu, akan tetapi kualitas *outfall* sesuai dengan perhitungan indeks beban pencemar kondisi air permukaan tercemar ringan.

4.2. Proses Pengolahan Air Limbah

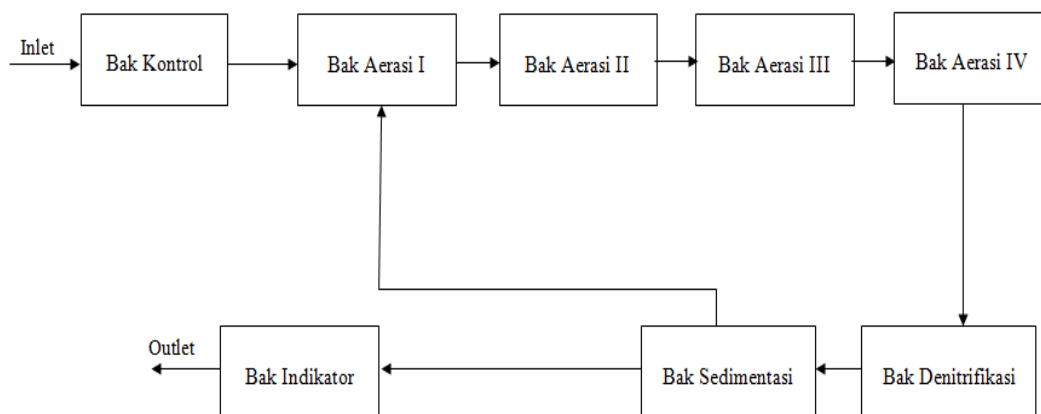
Proses pengolahan air limbah di IPAL Industri *Crumb Rubber* PT. X merupakan proses pengolah secara lengkap meliputi:

1. Proses Secara Fisik

IPAL Industri *Crumb Rubber* PT. X mempunyai unit-unit yang memproses secara fisik air limbah yang masuk, yaitu bak kontrol untuk pengolahan lumpur secara fisik dimana di kumpulkan terlebih dahulu di bak kontrol, dan untuk pengeringan lumpur masuk kedalam bak aerasi;

2. Proses Secara Biologis

Proses secara biologis pada IPAL Industri *Crumb Rubber* PT. X diolah secara biologis dengan sistem lumpur aktif pada bak aerasi. Ada 4 unit bak aerasi, 1 bak denitrifikasi, dan 1 unit bak pengendap pada IPAL Industri *Crumb Rubber* PT. X. Sistem aerasi yang digunakan yaitu sistem Difuser Aerator dengan bantuan penggunaan blower. Untuk layout IPAL dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Air Pengolahan Air Limbah *Crumb Rubber* PT. X

Industri *Crumb Rubber* PT. X mempunyai IPAL dengan kapasitas total 3.196 m³/hari yang terdiri atas tanah seluas 2.550 m². *Effluent* yang diolah berasal

dari air limbah dari bokar, air limbah penyemprotan bokar, air limbah pencacahan, penggilingan, pencucian dan, peremahan, air limbah produksi kering.

4.2.1. Debit Air Limbah

Analisa pembahasan dilakukan berdasarkan hasil survey lapangan dan kajian literatur serta beberapa penelitian yang telah ada. Unit yang ditinjau adalah bak kontrol, bak aerasi (lumpur aktif), bak denitifikasi, dan bak pengendap, dan bak indikator. Dari hasil analisa ini diharapkan dapat mengoptimasi kinerja dari pengolahan biologis pada IPAL Industri *Crumb Rubber* PT. X.

Pengukuran debit air limbah di dapat dari data perusahaan dengan mengukur sekat *V-Notch* pada *outlet* air limbah yang dibuang. berdasarkan perhitungan air limbah yang dibuang pada produksi *crumb rubber* perhitungan selama bulan November 2021 selama 29 hari didapat rata-rata air limbah yang dihasilkan yaitu dengan total 1.100.793 liter/hari, atau 12,7 l/detik, atau sebesar 1.101 m³/hari. Hasil pencatatan debit air limbah perhari dalam satu bulan dapat dilihat pada lampiran 1.

4.2.2. Hasil Uji Kualitas Air Limbah

Parameter yang diukur sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 katagori Limbah Industri yaitu terdiri dari adalah pH, BOD₅, COD, TSS, Amonia, Minyak dan Lemak. Prinsip evaluasi kinerja adalah melakukan pemeriksaan dan menjaga konsentrasi oksigen terlarut dalam air limbah yang terdapat pada tangki aerasi 1, aerasi 2, aerasi 3, dan 4 serta pengaturan jumlah lumpur yang diresirkulasi. Hasil Uji Karakteristik Air Limbah dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Karakteristik Air limbah di Unit IPAL

Unit IPAL	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	Amonia (mg/L)	Nitrogen (mg/L)	pH
Inlet	12.876	1.112	980	2,3	96	6,3
Bak Kontrol	12.876	1.112	980	2,3	87	6,3
Bak Aerasi I	877	530	432	2,3	70	6,6
Bak Aerasi II	873	525	430	2,3	66	6,6
Bak Aerasi III	874	512	430	2,3	53	6,6
Bak Aerasi IV	871	498	388	2,3	43	6,6
Bak Denitrifikasi	331	98	112	1	33	7
Bak Sedimentasi	89,24	60,1	45,87	0,2	21	7
Bak Indikator (Outlet)	19,35	58,67	35,1	0,2	10	7

Sumber : Hasil Olah Data Primer,2021

4.3. Evaluasi Penyisihan Tiap Unit Pengolahan IPAL

Perhitungan parameter beban pencemar yang paling umum yaitu COD, BOD, dan TSS pada pengolahan air limbah produksi *Crumb Rubber*, dimana bak aerasi mampu mengurangi beban pencemar air limbah yaitu sebagai berikut.

$$\% \text{CODRemoval} = \frac{12.876 \text{ mg/L} - 877 \text{ mg/L}}{12.876 \text{ mg/L}} \times 100\% = 93,19\%$$

$$\% \text{TSSRemoval} = \frac{1.112 \text{ mg/L} - 530 \text{ mg/L}}{1.112 \text{ mg/L}} \times 100\% = 52,34\%$$

$$\% \text{BODRemoval} = \frac{980 \text{ mg/L} - 432 \text{ mg/L}}{980 \text{ mg/L}} \times 100\% = 55,92\%$$

Hasil lengkapnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.3 Removal pada Tiap Unit Pengolahan IPAL *Crumb Rubber*

Parameter		Bak Kontrol	Bak Aerasi I	Bak Aerasi II	Bak Aerasi III	Bak Aerasi IV	Bak Denitrifikasi	Bak Sedimentasi	Bak Netralisasi (Outlet)
COD (mg/L)	Influent	12.876	12.876	877	873	874	871	331	89,24
	Effluent	12.876	877	873	874	871	331	89,24	19,35
	% Removal	0,00	93,19	0,46	-0,11	0,34	62,00	73,04	78,32
BOD (mg/L)	Influent	980	980	432	430	430	388	112	45,87
	Effluent	980	432	430	430	388	112	45,87	35,1
	% Removal	0,00	55,92	0,46	0,00	9,77	71,13	59,04	23,48

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 4.3 Removal pada Tiap Unit Pengolahan IPAL *Crumb Rubber* (Lanjutan)

Parameter		Bak Kontrol	Bak Aerasi I	Bak Aerasi II	Bak Aerasi III	Bak Aerasi IV	Bak Denitrifikasi	Bak Sedimentasi	Bak Netralisasi (Outlet)
TSS (mg/L)	Influent	1.112	1.112	530	525	512	498	98	60,1
	Effluent	1.112	530	525	512	498	98	60,1	58,67
	% Removal	0,00	52,34	0,94	2,48	2,73	80,32	38,67	2,38

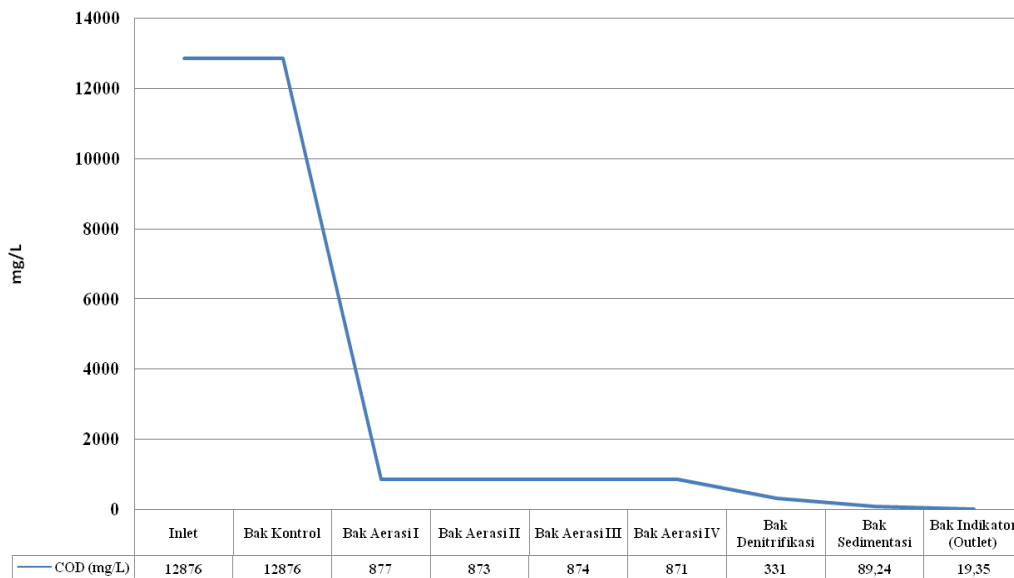
Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

4.3.1. Efisiensi Removal *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Debit air limbah produksi yang masuk sebesar 1.101 m³/hari, perbandingan yang terjadi pada masing-masing bak pengolahan, untuk parameter COD *Chemical Oxygen Demand* (COD), pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam air limbah, dimulai dari inlet, parameter yang masuk cukup besar yaitu sebesar 12.876 mg/L, dan masuk kedalam bak kontrol dengan jumlah yang sama, kemudian masuk kedalam bak aerasi 1 terjadi penurunan nilainya beban pencemarnya yaitu sebesar 877 mg/L atau mampu meremoval sebesar 93,19%, dilanjutkan ke kompartemen aerasi 2 yaitu sebesar 873 mg/L atau meremoval sebesar 0,46%, pada kompartemen aerasi 3 meningkat menjadi 874 mg/L atau tidak mampu meremoval sebesar -0,1%, dan pada kompartemen ke 4, kembali menurun sebesar 871 mg/L atau mampu meremoval sebesar 0,34%, pada bak denitrifikasi terjadi penguraian senyawa N₂ akan tetapi masih dapat menurunkan parameter COD yaitu sebesar 331 mg/L atau meremoval sebesar 61,97%. Bak sedimentasi sisa lumpur yang terendapkan memiliki kandungan COD sebesar 89,24 mg/L atau pada bak ini mampu meremoval sebesar 73%, sementara itu hal terpenting yang harus diperhatikan yaitu pada bak outlet dimana hasil parameter yang diuji tidak diperbolehkan diatas baku mutu yang telah ditetapkan, untuk nilai akhirnya yaitu didapat sebesar

19,35 mg/L atau setidaknya telah mengalami removal sebesar 78,32%, hal tersebut tidak melebihi baku mutu, dimana ketetapannya yaitu sebesar 200 mg/L.

Grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram 4.2 dibawah ini.

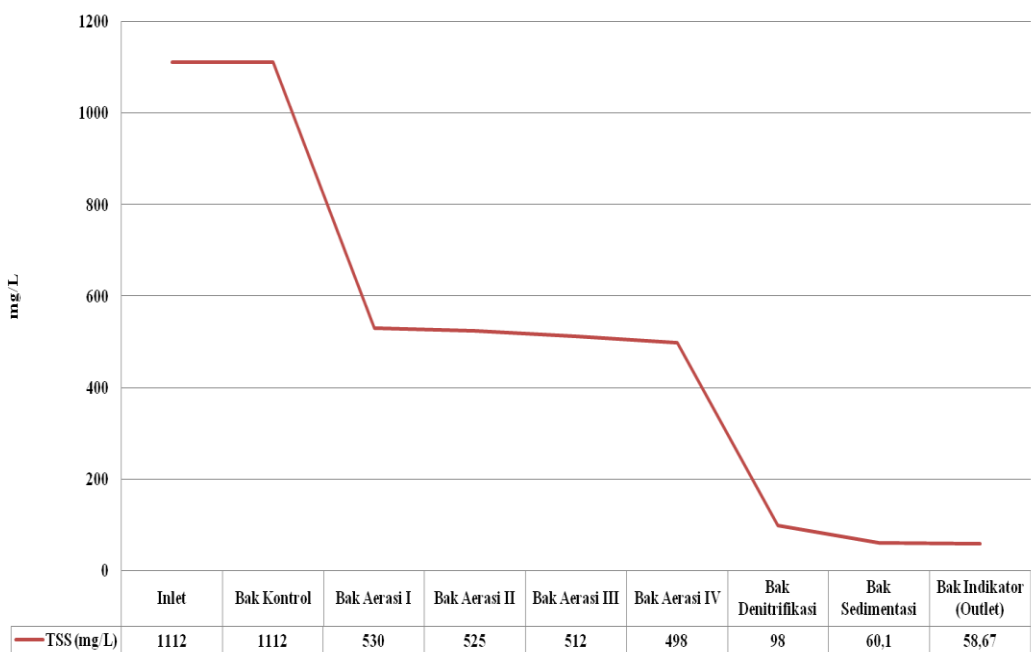


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter COD
(*Chemical Oxygen Demand*)

4.3.2. Efisiensi Removal *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS), dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua kelompok besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Perbandingan yang terjadi pada masing-masing bak pengolahan, untuk parameter TSS *Total Suspended Solid*, parameter yang masuk cukup besar yaitu sebesar 1.112 mg/L, dan masuk kedalam bak kontrol dengan jumlah yang sama, kemudian masuk kedalam bak aerasi 1 terjadi penurunan nilainya beban pencemarnya yaitu sebesar 530 mg/L atau mampu meremoval sebesar 52,34%, dilanjutkan ke kompartemen aerasi 2 yaitu sebesar 525 mg/L atau meremoval sebesar 0,94%, pada kompartemen aerasi 3 menjadi 512 mg/L -

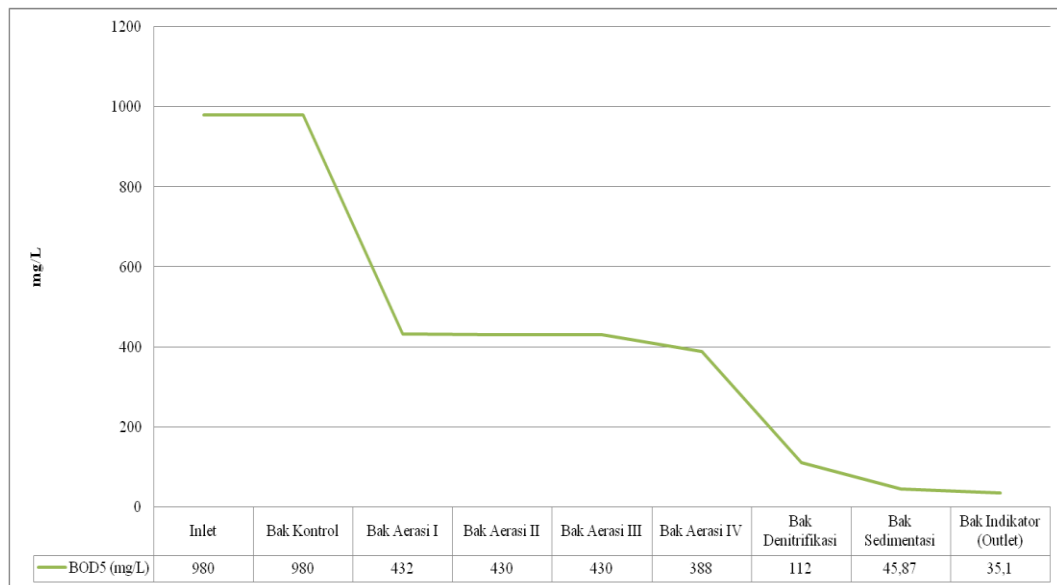
2,48%, dan pada kompartemen ke 4, kembali menurun sebesar 498 mg/L atau mampu meremoval sebesar 2,73%, pada bak denitrifikasi terjadi penguraian senyawa N₂ akan tetapi masih dapat menurunkan parameter TSS yaitu sebesar 98 mg/L atau meremoval sebesar 80,31%. Bak sedimentasi sisa lumpur yang terendapkan memiliki kandungan TSS sebesar 60,1 mg/L atau pada bak ini mampu meremoval sebesar 38,67%, sementara itu hal terpenting yang harus diperhatikan yaitu pada bak *outlet* dimana hasil parameter yang diuji tidak diperbolehkan diatas baku mutu yang telah ditetapkan, untuk nilai akhirnya yaitu didapat sebesar 58,67 mg/L atau setidaknya telah mengalami removal sebesar 2,38%, hal tersebut tidak melebihi baku mutu, dimana ketetapannya untuk parameter TSS yaitu sebesar 100 mg/L. Grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter TSS
(Total Suspended Solid)

4.3.3. Efisiensi Removal *Biological Oxygen Demand* (BOD₅)

Pemeriksaan BOD₅ dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organis dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. Diperhitungkan selama dua hari reaksi lebih dari sebagian reaksi telah tercapai, untuk parameter (BOD₅) *Biological Oxygen Demand* dalam air limbah, dimulai dari inlet dimana parameter yang masuk cukup besar yaitu sebesar 980 mg/L, dan masuk kedalam bak kontrol dengan jumlah yang sama, kemudian masuk kedalam bak aerasi 1 terjadi penurunan nilainya beban pencemarnya yaitu sebesar 432 mg/L atau mampu meremoval sebesar 55,91%, dilanjutkan ke kompartemen aerasi 2 yaitu sebesar 430 mg/L atau meremoval sebesar 0,46%, pada kompartemen aerasi 3 konstant atau tetap yaitu sebesar 430 mg/L, dan pada kompartemen ke 4, kembali menurun sebesar 388 mg/L atau mampu meremoval sebesar 9,77%, pada bak denitrifikasi terjadi penguraian senyawa N₂ akan tetapi masih dapat menurunkan parameter BOD₅ yaitu sebesar 112 mg/L atau meremoval sebesar 71,13%. Bak sedimentasi sisa lumpur yang terendapkan memiliki kandungan BOD₅ sebesar 45,87 mg/L atau pada bak ini mampu meremoval sebesar 59%, sementara itu hal terpenting yang harus diperhatikan yaitu pada bak outlet dimana hasil parameter yang diuji tidak diperbolehkan diatas baku mutu yang telah ditetapkan, untuk nilai akhirnya yaitu didapat sebesar 35,1 mg/L atau setidaknya telah mengalami removal sebesar 23,48%, hal tersebut tidak melebihi baku mutu, dimana parameter BOD₅ ketetapannya yaitu sebesar 60 mg/L. Grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram dibawah ini.

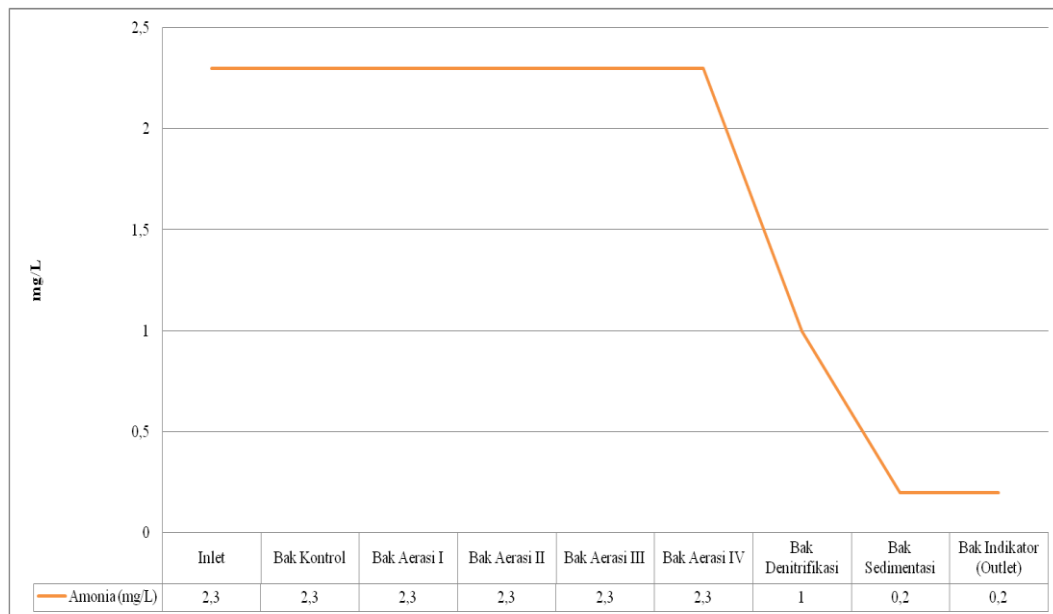


Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter BOD₅
(*Biological Oxygen Demand*)

4.3.4. Efisiensi Removal Parameter Amonia

Pemeriksaan parameter Amonia dalam air limbah, dimulai dari inlet dimana parameter yang masuk yaitu sebesar 2,3 mg/L, dan masuk kedalam bak kontrol dengan jumlah yang sama, kemudian masuk kedalam bak aerasi 1 terjadi hingga kompartemen ke 4, dengan nilai tetap yaitu sebesar 2,3 mg/L, pada bak denitrifikasi terjadi penguraian senyawa N₂ akan tetapi masih mampu menurunkan parameter amonia yaitu sebesar 1 mg/L atau meremoval sebesar 56,52%. Bak sedimentasi sisa lumpur yang terendapkan memiliki kandungan amonia sebesar 0,2 mg/L atau pada bak ini mampu meremoval sebesar 80%, sementara itu hal terpenting yang harus diperhatikan yaitu pada bak outlet dimana hasil parameter yang diuji tidak diperbolehkan diatas baku mutu yang telah ditetapkan, untuk nilai akhirnya yaitu didapat sebesar 0,2 mg/L, hal tersebut tidak melebihi baku mutu,

dimana parameter amonia ketetapannya yaitu sebesar 5 mg/L. Grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram dibawah ini.

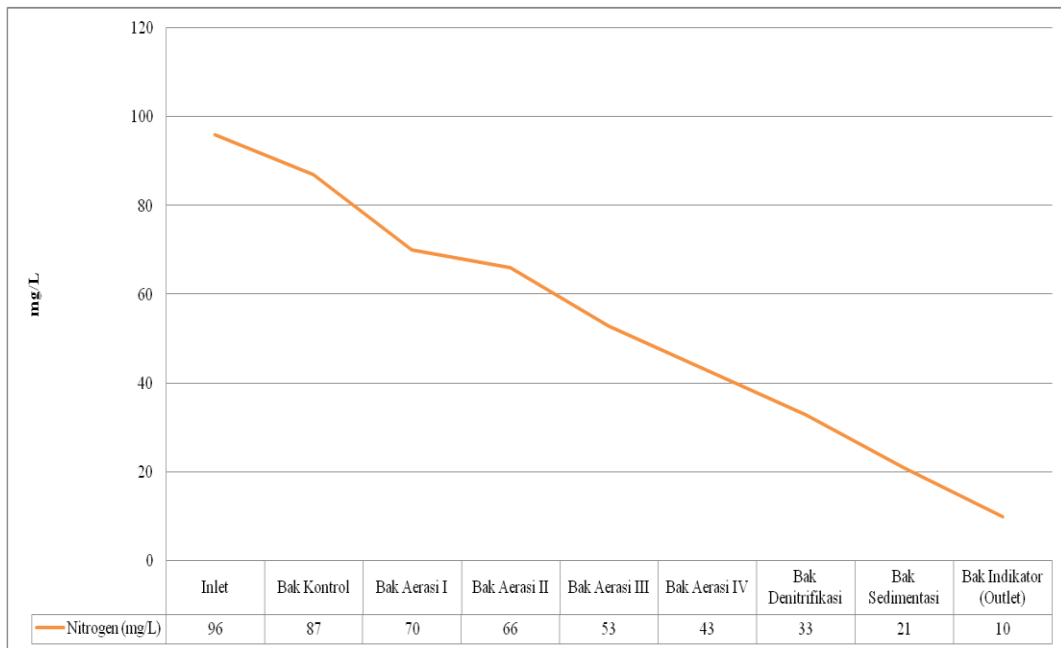


Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter Amonia

4.3.5. Efisiensi Removal Nitrogen (Nitrat dan Nitrit N₂)

Nitrat dan nitrit merupakan bagian yang ada dalam air limbah salah satunya dalam produksi *crumb rubber*, untuk parameter nitrat dan nitrit (Nitrogen) N₂ dalam air limbah, dimulai dari inlet dimana parameter yang masuk yaitu sebesar 96 mg/L, dan masuk kedalam bak kontrol sebesar 87 mg/L dimana terjadi removal pada bak ini yaitu sebesar 9,38%, kemudian masuk kedalam bak aerasi 1 terjadi penurunan nilainya beban pencemarnya yaitu sebesar 70 mg/L atau mampu meremoval sebesar 19,54%, dilanjutkan ke kompartemen aerasi 2 yaitu sebesar 66 mg/L atau meremoval sebesar 5,71%, pada kompartemen aerasi 3 menurun yaitu sebesar 53 mg/L atau meremoval sebesar 19,70%, dan pada kompartemen ke 4, kembali menurun sebesar 43 mg/L atau mampu meremoval sebesar 18,87%, pada bak denitrifikasi terjadi penguraian senyawa N₂ dapat

menurunkan yaitu sebesar 33 mg/L atau meremoval sebesar 76,74%. Bak sedimentasi sisa lumpur yang terendapkan memiliki kandungan nitrogen sebesar 21 mg/L atau pada bak ini mampu meremoval sebesar 36,36%, sementara itu hal terpenting yang harus diperhatikan yaitu pada bak outlet dimana hasil parameter yang diuji tidak diperbolehkan diatas baku mutu yang telah ditetapkan, untuk nilai akhirnya yaitu didapat sebesar 10 mg/L, hal tersebut tidak melebihi baku mutu, dimana parameter Nitrogen ketetapannya yaitu sebesar 10 mg/L. Grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram dibawah ini.

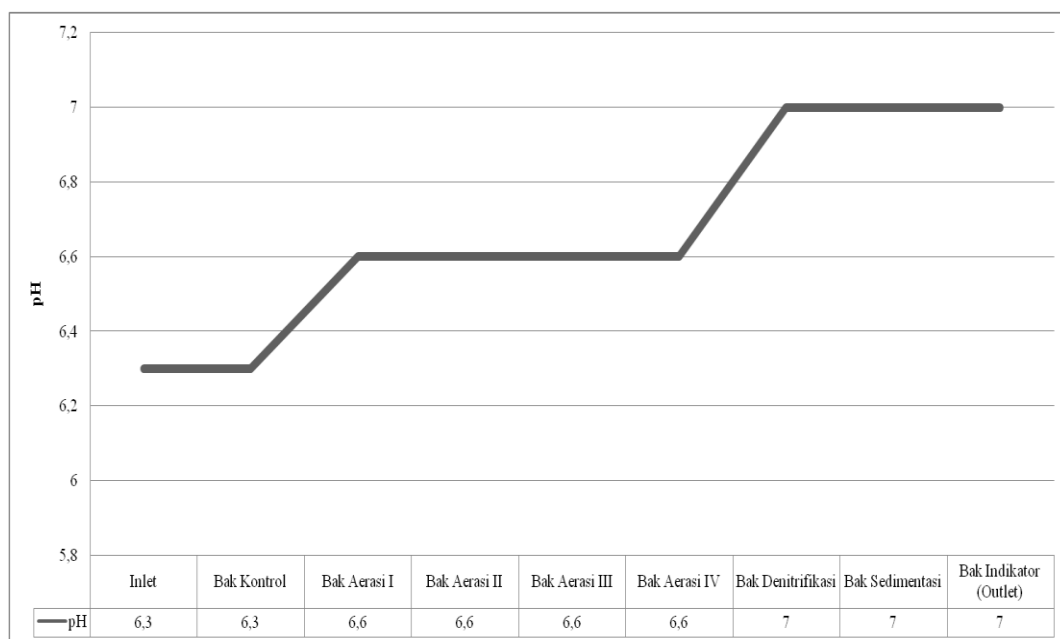


Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter Nitrogen (*Nitrat Nitrit*)

4.3.6. Efisiensi Removal pH

Keasaman Air (pH), keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air, dimulai dari inlet dimana parameter yang masuk yaitu sebesar 6,3, dan masuk kedalam bak kontrol dengan nilai tetap sebesar 6,3 dimana terjadi, kemudian

masuk kedalam bak aerasi 1 terjadi peningkatan yaitu sebesar 6,6 mg/L atau sampai pada kompartemen ke 4 dan netral dengan nilai 7 hingga bak kontrol, sementara itu hal terpenting yang harus diperhatikan yaitu pada bak outlet dimana hasil parameter yang diuji tidak diperbolehkan diatas baku mutu yang telah ditetapkan, untuk nilai akhirnya yaitu didapat sebesar 7 mg/L, hal tersebut tidak melebihi baku mutu, dimana parameter pH ketetapannya yaitu sebesar 6-9 mg/L. Grafik perbandingannya dapat dilihat pada diagram dibawah ini.

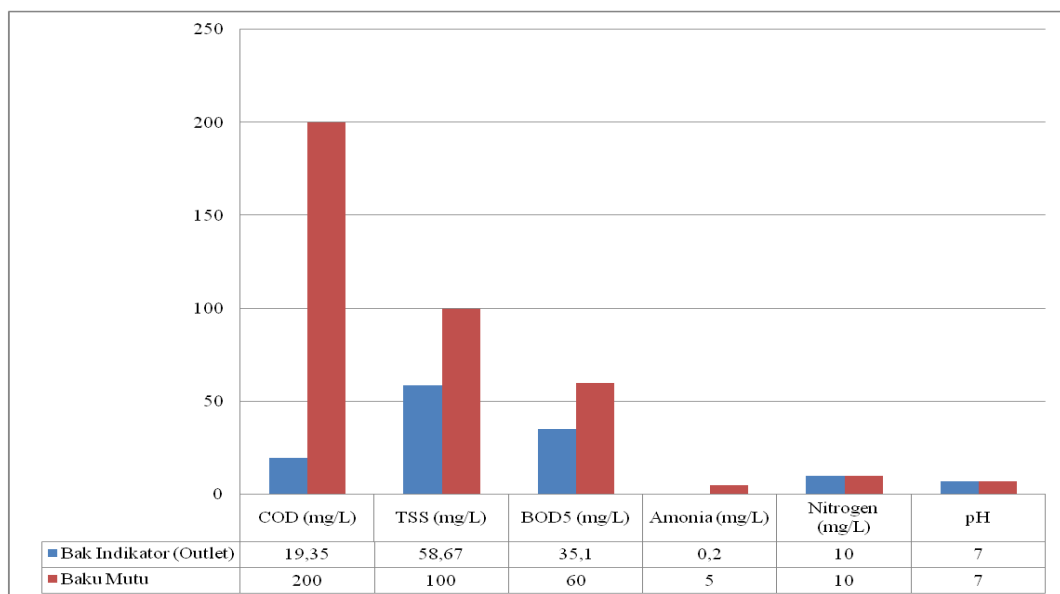


Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Penurunan Parameter pH

4.4. Efisiensi Perbandingan Removal dan Baku Mutu

Perlu diperhatikan kualitas parameter beban pencemar air limbah produksi *crumb rubber*, pada bak *outlet* tidak disyaratkan melebihi baku mutu, dilihat dari *outletnya* kualitas yang terhitung dari hasil uji laboratorium tergolong dibawah standar baku mutu atau telah memenuhi persyaratan sesuai dengan PerMen LH No 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah kegiatan industri, standar COD

yaitu sebesar 200 mg/L sedangkan hasil uji outletnya hanya 19,35 mg/L, TSS sebesar 100 mg/L sedangkan hasil ujinya hanya 58,67 mg/L, BOD5 yaitu sebesar 60 mg/L sementara hasil ujinya yaitu sebesar 35,1 mg/L, amonia sebesar 5 mg/L sedangkan hasil uji yaitu 0,2 mg/L, nitrogen 10 mg/L hasil uji telah memenuhi syaratnya yaitu 10 mg/L, dan pH dalam batas normal yaitu 7. Hasil perbandingan dapat dilihat pada grafik batang sebagai berikut.



Gambar 4.8 Perbandingan Penurunan Parameter Kualitas Beban Pencemar pada *Outlet* dan Baku Mutu

4.5. Evaluasi dimensi Sesuai Kriteria Desain

Bak pengolahan yang dihitung yaitu proses fisika dan biologis terdiri dari pra-sedimentasi pada bak kontrol, pengolahan biologis pada lumpur aktif *Completely Mixed Activated Sludge* (CMAS), bak denitrifikasi, pengendap akhir, dan bak *outlet*.

4.5.1. Perhitungan Dimensi Bak Kontrol

Debit yang digunakan untuk menghitung dimensi bak pengendapan (bak kontrol) adalah debit rata-rata per-jam dimana debit rata-rata harian yaitu 1.101 m³/hari, maka didapat debit sebesar 45,875 m³/jam. Jumlah unit (kompartemen) yang digunakan adalah sebanyak 2 unit, dengan salah satu unit berfungsi sebagai unit pemisahan tatal dan pasir. Debit yang masuk ke setiap bak adalah sebesar 45,875 m³/jam. Kriteria desain sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kriteria Desain Bak Pengendap Pertama (Pra-Sedimentasi/Bak Kontrol)

Parameter	Simbol	Satuan	Besaran	Sumber
<i>Over Flow Rate</i>	V ₀	m ³ /m ² -hari		
Saat debit rata-rata			30-50	Qasim,1985
Saat debit maksimum			60-130	
Beban pelimpah (weir loading)		m ³ /m-hari	124-500	Metcalf & Eddy,1991
Dimensi bak:		m		Qasim,1985
Panjang bak	p		10-100	
Lebar bak	l		3-24	
Kedalaman	d		2,5-5	
Rasio p : l			1-7,5	
Rasio p : d			4,2-2,5	
Kemiringan dasar (<i>slope</i>)	S	%	1-2	Qasim,1985
Waktu detensi	td	jam	1-20	Qasim,1985
Konsentrasi Lumpur		%	5	
<i>Specific Gravity</i> Lumpur	Sg	g/cm ³	1,03	Qasim,1985



Gambar 4.9 Bak Kontrol (Dokumentasi Lapangan,2021)

1. *Overflow rate* (OR)

Overflow rate (OR) yang akan digunakan, menggunakan asumsi sesuai dengan kriteria desain pada saat debit rata-rata yaitu $40 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$, atau dapat dikonversi seperti berikut:

$$= \frac{40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}}{24 \text{ hari/jam}} = 1,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$$

2. Luas permukaan tiap bak pengendap (A)

$$\text{Luas Permukaan (A)} = \frac{45,875 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}} = 27,47 \text{ m}^2$$

Panjang (p) dan lebar (l) bak pra-sedimentasi

Menurut kriteria desain, panjang bak : lebar bak = 3 : 1, sehingga panjang

bak (p) = $3 \times$ lebar bak (l)

$$\text{Luas (A)} = p \times l = 3l \times l = 3l^2$$

$$\text{Lebar (l)} = l = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

$$l = \sqrt{\frac{27,47 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (p)} = 3 \times lp = 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

Periksa *overflow rate*

$$OR = \frac{Q_{rata-rata}}{p \times l}$$

$$OR = \frac{45,875 \text{ m}^3/\text{jam}}{3 \text{ m} \times 9 \text{ m}} = 1,69 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \approx 40,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari (OK)}$$

Dari hasil tersebut diketahui bahwa *overflow rate* (OR) yang dihitung sesuai dengan dimensi bak yang direncanakan masih memenuhi kriteria desain yang ditentukan, yaitu $30 - 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$.

3. Kedalaman bak Kontrol (h)

$$h = td \times OR$$

$$h = 2 \text{ jam} \times 1,69 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam} = 3,34 \text{ m}$$

$$h_{\text{total}} = h_{\text{air}} + \text{freeboard} = 3,34 \text{ m} + 0,3 \text{ m} = 3,64 \text{ m}$$

4. Volume bak Pra-Sedimentasi (V)

$$V = p \times l \times h$$

$$V = 9 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3,64 \text{ m} = 98,28 \text{ m}^3$$

5. Volume lumpur (Vs)

$$V_s = \frac{\text{TSS tersisihkan} \times 1000 \text{ g/kg}}{5\% \times sg \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^3}$$

$$V_s = \frac{1.224,312 \text{ kg/hari} \times 1000 \text{ g/kg}}{5\% \times 1,03 \text{ g/cm}^3 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^3} = 23,77 \text{ m}^3/\text{hari}$$

6. Dimensi ruang lumpur

Periode pengurasan lumpur direncanakan untuk dilakukan dua hari sekali, sehingga volume ruang lumpur yang dibutuhkan adalah:

$V_{\text{ruang lumpur}} = \text{periode pengurasan} \times \text{volume lumpur}$

$$V_L = 2 \text{ hari} \times 23,77 \text{ m}^3/\text{hari} = 47,54 \text{ m}^3$$

Hasil evaluasi pada bak kontrol atau bak pra-sedimentasi dimana kondisi aktual dilapangan memiliki dimensi panjang 8 m, lebar 3 m, dan kedalam 3,1 m. Berdasarkan perhitungan kriteria desain didapat panjang 9 m, lebar 3 m, dan kedalam 3,64 m dari perhitungan tersebut sudah memenuhi kriteria desain, *overflow* minimal dari bak pra-sedimentasi sebesar 40 m³/jam. maka dari itu pihak perusahaan telah menyiapkan 2 buah pompa sentrifugal untuk mengalirkan lumpur yang tersisah kekolam pengolahan selanjutnya.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan Bak Kontrol Sedimentasi Awal

Perhitungan	Hasil
<i>Overflow rate</i> (OR)	1,67 m ³ /m ² . jam
Luas Permukaan (A)	27,47 m ²
Panjang	9 m
Luas	3 m
OR	40,7 m ³ /m ² . hari
Kedalaman	3,64 m
Volume	98,28 m ³
Volume Lumpur	23,77 m ³ /hari
Volume Ruang Lumpur	47,54 m ³

4.4.2. Bak Aerasi 1

Bak aerasi PT.X terdiri dari 4 unit kompartemen masing-masing kompartemen mampu melakukan penurunan parameter air limbah jenis ini merupakan *Completely Mixed Activated Sludge* (CMAS).



Gambar 4.10 Bak Pengolahan *Completely Mixed Activated Sludge* (Aerasi)
(Dokumentasi Lapangan,2021)

Tabel 4.6 Kriteria Desain CMAS (Bak Aerasi)

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
Umur Sel	SRT	5-10	hari	Metcalf & Eddy
F/M	-	0,25-5	Hari-1	Metcalf & Eddy
Koefisien Pertumbuhan	Y	0,4-0,8	mg VSS/mg BOD ₅	Metcalf & Eddy
MLSS	-	3000-6000	mg/L	Qasim,1985
MLVSS	X	1500-3000	g/m ³	Qasim,1985
VSS/TSS	-	0,8	-	Metcalf & Eddy
Volumetrik Loading Rate	VLR	0,3-1,6	Kg/m ³ .hari	Metcalf & Eddy
Waktu Detensi Hidrolis	HRT	3-5	Jam	Metcalf & Eddy
Faktor Resirkulasi	R	0,25-1,0	-	Metcalf & Eddy

1. Efisiensi Pengolahan

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan efisiensi pengolahan BOD dari bak kontrol belum terjadi proses penurunan sehingga didapatkan konsentrasi limbah yang akan masuk ke CMAS ini adalah 980 mg/L. Konsentrasi BOD yang diharapkan keluar dari unit pengolahan CMAS

ini adalah sebesar 432 mg/L sehingga efisiensi pengolahan yang diinginkan adalah sebagai berikut.

$$\%BOD\ Removal = \frac{980\text{ mg/L} - 432\text{ mg/L}}{980\text{ mg/L}} \times 100\% = 55,92\%$$

2. Waktu Retensi Lumpur (SRT)

Waktu retensi lumpur yaitu lamanya lumpur berada di dalam sistem *activated sludge*, dengan data asumsi koefisien pada tabel adalah:

$$K_S = 85$$

$$K_d = 0,075$$

$$\mu_m = 1,5$$

$$S_e = \frac{K_S [1 + k_d(SRT)]}{SRT(\mu_m - k_d) - 1}$$

$$432 = \frac{85 [1 + 0,075 (SRT)]}{SRT(1,5 - 0,075) - 1} = 0,848\text{ Hari tidak memenuhi kriteria Desain}$$

sehingga waktu yang diambil sesuai dengan kriteria desain yaitu 10 hari.

Nilai SRT tersebut merupakan umur lumpur untuk mereduksi BOD dan COD dalam buangan, sementara dalam desain diinginkan terjadi nitrifikasi untuk mereduksi ammonia sehingga dibutuhkan faktor pengali (SF) sebesar 1,5. Besarnya SRT dengan terjadi nitrifikasi yaitu:

$$SRT_n = SRT \times SF$$

$$SRT_n = 10\text{ hari} \times 1,5$$

$$SRT_n = 15$$

3. Produksi lumpur atau biomassa

Yield terobservasi

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1+kd(SRT)}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,6 \text{ mg VSS/mg BOD}_5}{1+0,075(10)}$$

$$Y_{obs} = 0,34$$

4. Produksi MLVSS

Diketahui :

$NO_x = 2,3 \text{ mg/L}$ (Konsentrasi amonia pada limbah)

$k_{dn} = 0,01 \text{ /hari}$

$SRT_n = 1,272 \text{ hari}$

$F_d = 0,14$

$$P_{X, VSS} = \frac{QY(S_0 - S_e)}{1+kd(SRT)} + \frac{(f_d)(kd)QY(S_0 - S_e)SRT}{1+kd(SRT)} + \frac{QY(NO_x)}{1+k_{dn}(SRT_n)}$$

$$P_{X, VSS} = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 \cdot (980 - 432) \times 10^{-3}}{1+0,075(10)}$$

$$+ \frac{(0,14)(0,075)1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 \cdot ((980 - 432) \times 10^{-3}) \cdot 10 \text{ hari}}{1+0,075(10 \text{ hari})}$$

$$+ \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 \cdot (2,3 \times 10^{-3})}{1+0,01 \text{ hari} \cdot (15 \text{ hari})} = 164,767 \text{ kgVSS/day}$$

Penambahan MLSS

$$P_{X, TSS} = \frac{P_{X, VSS}}{VSS/TSS}$$

$$P_{X, TSS} = \frac{164,767 \text{ kg VSS/day}}{0,8}$$

$$P_{X, TSS} = 205,958 \text{ kgTSS/day}$$

Total massa padatan dari VSS dan TSS selama SRT

$$X_{VSS} (V) = P_{X, VSS} (SRT) = 164,767 \times 10 = 1.647,7 \text{ kg}$$

$$XTSS(V) = PX, TSS (SRT) = 205,958 \times 10 = 2.059,58 \text{ kg}$$

5. Volume tangki

$$V = \frac{X_{vss}(V)}{X}$$

$$V = \frac{1.647,7 \text{ kg}}{3,6 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 457,69 \text{ m}^3$$

6. Dimensi tangki

Diasumsikan kedalaman setinggi 3 m sehingga;

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{457,69 \text{ m}^3}{3} = 152 \text{ m}^2$$

Diasumsikan panjang : lebar = 2 : 1

$$\text{Lebar} = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{152 \text{ m}^2}{2}} = 8,717 \approx 9 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2L = 18 \text{ m}$$

7. Massa lumpur yang harus dibuang

Lumpur yang keluar dari unit ini kemudian diresirkulasi sehingga perlu diasumsikan nilai RAS (*Recirculated Activated Sludge*) yaitu banyaknya lumpur yang diresirkulasi berupa 50% dari debit influen.

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = Q \times \text{RAS}$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,5$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 550,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan menggunakan neraca massa dari resirkulasi, massa lumpur adalah sebagai berikut;

$$X_r = \frac{X(Q+Q_r)}{Q_r}$$

$$X_r = \frac{3,6 \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari} + 550,5 \text{ m}^3/\text{hari})}{550,5 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$X_r = 10,8 \text{ kg}$$

Setelah diketahui massa lumpur yang di resirkulasi maka dapat dihitung nilai debit lumpur yang dibuang yaitu;

$$Q_w = \frac{V(X)}{\text{SRT}(X_r)}$$

$$Q_w = \frac{457,69 \text{ m}^3 (3,6 \text{ kg/m}^3)}{10 \text{ hari} (10,8 \text{ kg})}$$

$$Q_w = 15,256 \text{ m}^3/\text{hari}$$

8. Kontrol Desain

Waktu retensi hidrolis

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q}$$

$$\text{HRT} = \frac{457,69 \text{ m}^3}{1.101 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,416 \text{ Hari} = 9,976 \text{ jam} \approx 10 \text{ jam (OK)}$$

Rasio F/M

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{Q(S_o - S_e)}{V(X_v)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot ((980 - 432) \times 10^{-3})}{457,69 \text{ m}^3 (3,6)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = 0,366$$

9. Volumetrik BOD loading

$$\text{BOD}_L = \frac{S_o(O)}{V}$$

$$\text{BOD}_L = \frac{980 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari})}{457,69 \text{ m}^3}$$

$$\text{BOD}_L = 2,357 \text{ kg/hari/m}^3$$

10. Kebutuhan nutrisi

Dalam memenuhi kebutuhan mikroorganisme akan nutrisi, dapat dilakukan pengecekan terhadap rasio karbon, nitrogen dan fosfor.

Fraksi Degradable dari VSS biologi, X_d

$$X_d = \frac{0,8}{1+0,2(k_d)\text{SRT}}$$

$$X_d = \frac{0,8}{1+0,2(0,075)10 \text{ hari}}$$

$$X_d = 0,7$$

$$\Delta X_{vss} = Y(S_o - S_e) - k_d (X_d)(X_v)\text{HRT}$$

$$\Delta X_{vss} = 0,43(980 - 432)\text{mg/L} - 0,075. (0,7). (3,6)\text{kg/}$$

$$\text{m}^3. 10 \text{ jam}$$

$$\Delta X_{vss} = 0,43(980 - 432)\text{mg/L} - 0,075. (0,7). (3,6)\text{kg/}$$

$$\text{m}^3. 10 \text{ jam} = 233,75 \text{ mg/L}$$

Kebutuhan N dan P, mg/L

$$N = \frac{\Delta X_v}{0,8} [0,123(X_d) + 0,07(0,8 - X_d)]$$

$$N = \frac{233,75 \text{ mg/L}}{0,8} [0,123(0,7) + 0,07(0,8 - 0,7)] = 27,20 \text{ mg/L}$$

$$P = \Delta X_v/0,8[0,026(X_d) + 0,01(0,8 - X_d)]$$

$$P = \frac{233,75 \text{ mg/L}}{0,8} [0,026(0,7) + 0,01(0,8 - 0,7)] = 5,61 \text{ mg/L}$$

Hasil evaluasi perhitungan diatas dimensi pada bak aerasi tidak sesuai dengan perhitungan dimana didapat dimensi terhitung yaitu panjang 9 m, lebar 18 meter sedangkan dimensi yang ada dilapangan yaitu panjang 5 m, lebar 17,3 m, dan kedalaman 3 meter, hal tersebut dipengaruhi oleh hydraulick retention time dimana secara perhitungan berlangsung lebih cepat sementara dalam kriteria desain yaitu dibutuhkan waktu pengembang biakan sel selama 10 hari, sehingga dimensi dilapangan sudah menyesuaikan kondisi yang sebenarnya.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 1

Perhitungan	Hasil
<i>SE</i>	0,848 Hari
<i>SRT_n</i>	15
<i>Y_{obs}</i>	0,34
Produksi MLVSS	164,767 kg VSS/day
Penambahan MLSS	205,958 kg TSS/day
Volume tangki	457,69 m ³
Dimensi tangki	152 m ²
Lebar	9 m
Panjang	18 m
Kedalaman	3 m
Massa Lumpur	550,5 m ³ /hari
<i>X_r</i>	10,8 kg
<i>Q_w</i>	15,256 m ³ /hari
HRT	10 jam
Rasio F/M	0,366
Volumetrik BOD loading	2,357 kg/hari/m ³
Kebutuhan nutrisi	27,20 mg/L

4.4.3. Bak Aerasi 2

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan efisiensi pengolahan BOD dari bak Aerasi 1 dari jumlah BOD₅ sebesar 432 mg/L menjadi 430 mg/L. Konsentrasi BOD₅ yang diharapkan keluar dari unit pengolahan CMAS ini dapat lebih rendah sehingga efisiensi pengolahan yang diinginkan adalah sebagai berikut.

$$\%BODRemoval = \frac{432-430}{432} \times 100\% = 0,46\%$$

1. Waktu Retensi Lumpur (SRT)

Waktu retensi lumpur yaitu lamanya lumpur berada di dalam sistem activated sludge, dengan data asumsi koefisien pada tabel adalah:

$$K_s = 85$$

$$K_d = 0,075$$

$$\mu_m = 1,5$$

$$S_e = \frac{K_s [1 + k_d(SRT)]}{SRT(\mu_m - k_d) - 1}$$

$$430 = \frac{85 [1 + 0,075 (SRT)]}{SRT(1,5 - 0,075) - 1} = 0,845 \text{ hari tidak memenuhi kriteria Desain}$$

sehingga waktu yang diambil sesuai dengan kriteria desain yaitu 10 hari

Nilai SRT tersebut merupakan umur lumpur untuk mereduksi BOD dan COD dalam buangan, sementara dalam desain diinginkan terjadi nitrifikasi untuk mereduksi ammonia sehingga dibutuhkan faktor pengali (SF) sebesar 1,5. Besarnya SRT dengan terjadi nitrifikasi yaitu:

$$SRT_n = SRT \times SF$$

$$SRT_n = 10 \times 1,5$$

$$SRT_n = 15$$

2. Produksi lumpur atau biomassa

Yield terobservasi

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + k_d(SRT)}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,6}{1 + 0,075(10)}$$

$$Y_{\text{obs}} = 0,34$$

3. Produksi MLVSS

Diketahui ;

$$\text{NO}_x = 2,3 \text{ mg/L (Konsentrasi amonia pada limbah)}$$

$$k_{\text{dn}} = 0,01 \text{ /hari}$$

$$\text{SRTn} = 15 \text{ hari}$$

$$F_d = 0,14$$

$$P_{X, \text{VSS}} = \frac{QY(S_0 - S_e)}{1 + kd(\text{SRT})} + \frac{(f_d)(kd)QY(S_0 - S_e)\text{SRT}}{1 + kd(\text{SRT})} + \frac{QY(\text{NO}_x)}{1 + k_{\text{dn}}(\text{SRTn})}$$

$$P_{X, \text{VSS}} = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 (432 - 430) \times 10^{-3}}{1 + 0,075(10)}$$

$$+ \frac{(0,14)(0,075)1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 \cdot ((432 - 430) \times 10^{-3}) \cdot 10 \text{ hari}}{1 + 0,075(10 \text{ hari})}$$

$$+ \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43(2,3 \times 10^{-3})}{1 + 0,01 \text{ hari}(15 \text{ hari})} = 1,5438 \text{ kgVSS/day}$$

Penambahan MLSS

$$P_{X, \text{TSS}} = \frac{P_{X, \text{VSS}}}{\text{VSS/TSS}}$$

$$P_{X, \text{TSS}} = \frac{1,5438 \text{ kgVSS/day}}{0,8}$$

$$P_{X, \text{TSS}} = 1,929 \text{ kgTSS/day}$$

Total massa padatan dari VSS dan TSS selama SRT

$$X_{\text{VSS}} (V) = P_{X, \text{VSS}} (\text{SRT}) = 1,5438 \times 10 = 15,438 \text{ kg}$$

$$X_{\text{TSS}} (V) = P_{X, \text{TSS}} (\text{SRT}) = 1,929 \times 10 = 19,29 \text{ kg}$$

4. Volume tangki

$$V = \frac{X_{\text{VSS}} (V)}{X}$$

$$V = \frac{15,438 \text{ kg}}{3,6 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 4,288 \text{ m}^3$$

Dimensi tangki

tangki aerasi 2 memiliki Volume = $4,288 \text{ m}^3$ diasumsikan kedalaman setinggi 3 m sehingga;

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{4,288 \text{ m}^3}{3} = 1,429 \text{ m}^2$$

Diasumsikan panjang : lebar = 2 : 1

$$\text{Lebar} = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{1,429 \text{ m}^2}{2}} = 0,845 \approx 1 \text{ m}$$

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

5. Massa lumpur yang harus dibuang

Lumpur yang keluar dari unit ini kemudian diresirkulasi sehingga perlu diasumsikan nilai RAS (Recirculated Activated Sludge) yaitu banyaknya lumpur yang diresirkulasi berupa 50% dari debit influen.

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = Q \times \text{RAS}$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,5$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 550,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan menggunakan neraca massa dari resirkulasi, massa lumpur adalah sebagai berikut;

$$Xr = \frac{X(Q+Qr)}{Qr}$$

$$X_r = \frac{3,6 \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari} + 550,5 \text{ m}^3/\text{hari})}{550,5 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$X_r = 10,8 \text{ kg}$$

Setelah diketahui massa lumpur yang di resirkulasi maka dapat dihitung nilai debit lumpur yang dibuang yaitu;

$$Q_w = \frac{V(X)}{\text{SRT}(X_r)}$$

$$Q_w = \frac{4,288 \text{ m}^3 (3,6 \text{ kg/m}^3)}{10 \text{ hari} (10,8 \text{ kg})}$$

$$Q_w = 0,1429 \text{ m}^3/\text{hari}$$

6. Kontrol Desain

Waktu retensi hidrolis

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q}$$

$$\text{HRT} = \frac{4,288 \text{ m}^3}{1.101 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,00384 \text{ Hari} = 0,092 \text{ jam} \approx 0,1 \text{ jam (tidak}$$

memenuhi kriteria desain)

Rasio F/M

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{Q \cdot (S_o - S_e)}{V \cdot (X_v)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot ((432 - 430) \times 10^{-3})}{4,288 \text{ m}^3 (3,6)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = 0,143$$

Volumetrik BOD loading

$$\text{BOD}_L = \frac{S_o \cdot (O)}{V}$$

$$\text{BOD}_L = \frac{432 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari})}{4,288 \text{ m}^3}$$

$$\text{BOD}_L = 110,92 \text{ kg/hari/m}^3$$

7. Kebutuhan nutrisi

Dalam memenuhi kebutuhan mikroorganisme akan nutrisi, dapat dilakukan pengecekan terhadap rasio karbon, nitrogen dan fosfor.

Fraksi Degradable dari VSS biologi, X_d

$$X_d = \frac{0,8}{1+0,2(k_d)\text{SRT}}$$

$$X_d = \frac{0,8}{1+0,2(0,075)10 \text{ hari}}$$

$$X_d = 0,7$$

$$\Delta X_{vss} = Y(S_o - S_e) - k_d(X_d)(X_v)\text{HRT}$$

$$\Delta X_{vss} = 0,43(432 - 430) \text{ mg/L} - 0,075 \cdot (0,7) \cdot (3,6) \text{ kg/}$$

$$\text{m}^3 \cdot 0,1 \text{ jam}$$

$$\Delta X_{vss} = \frac{0,43(432-430) \text{ mg}}{\text{L}} - 0,075 \cdot (0,7) \cdot (3,6) \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1 \text{ jam}$$

$$= 0,8411 \text{ mg/L}$$

Kebutuhan N dan P, mg/L

$$N = \frac{\Delta X_v}{0,8} [0,123(X_d) + 0,07(0,8 - X_d)]$$

$$N = \frac{0,8411 \text{ mg/L}}{0,8} [0,123(0,7) + 0,07(0,8 - 0,7)] = 0,097 \text{ mg/L}$$

$$P = \frac{\Delta X_v}{0,8} [0,026(X_d) + 0,01(0,8 - X_d)]$$

$$P = \frac{0,8411 \text{ mg/L}}{0,8} [0,026(0,7) + 0,01(0,8 - 0,7)] = 0,020 \text{ mg/L}$$

Hasil evaluasi perhitungan diatas dimensi pada bak aerasi tidak sesuai dengan perhitungan dimana didapat dimensi terhitung yaitu panjang 2 m, lebar 1

meter sedangkan dimensi yang ada dilapangan yaitu panjang 5 m, lebar 17,3 m, dan kedalaman 3 meter, hal tersebut dipengaruhi oleh *hydraulic retention time* dimana secara perhitungan berlangsung lebih cepat sementara dalam kriteria desain yaitu dibutuhkan waktu pengembang biakan sel selama 10 hari, sehingga dimensi dilapangan sudah menyesuaikan kondisi yang sebenarnya.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 2

Perhitungan	Hasil
SE	0,845 Hari
SRT _n	15
Y _{obs}	0,34
Produksi MLVSS	1,5438 kg VSS/day
Penambahan MLSS	1,929 kg TSS/day
Volume tangki	4,288 m ³
Dimensi tangki	1,429 m ²
Lebar	1 m ³
Panjang	2
Massa Lumpur	550,5 m ³ /hari
Xr	10,8 kg
Qw	0,1429 m ³ /hari
HRT	0,1 jam
Rasio F/M	0,143
Volumetrik BOD loading	110,92 kg/hari/m ³
Kebutuhan nutrisi	0,097 mg/L

4.4.4. Bak Aerasi 3

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan efisiensi pengolahan BOD dari bak Aerasi 1 dari jumlah BOD₅ sebesar 430 mg/L menjadi 430 mg/L. Konsentrasi BOD₅ yang diharapkan keluar dari unit pengolahan CMAS ini dapat lebih rendah sehingga efisiensi pengolahan yang diinginkan adalah sebagai berikut.

$$\%BODRemoval = \frac{430 \text{ mg/L} - 430 \text{ mg/L}}{430 \text{ mg/L}} \times 100\% = 0\%$$

1. Waktu Retensi Lumpur (SRT)

Waktu retensi lumpur yaitu lamanya lumpur berada di dalam sistem *activated sludge*, dengan data asumsi koefisien pada tabel adalah:

$$K_S = 85$$

$$K_d = 0,075$$

$$\mu_m = 1,5$$

$$S_e = \frac{K_S [1 + k_d(\text{SRT})]}{\text{SRT}(\mu_m - k_d) - 1}$$

$$430 = \frac{85 [1 + 0,075 (\text{SRT})]}{\text{SRT}(1,5 - 0,075) - 1}$$

Nilai SRT tersebut merupakan umur lumpur untuk mereduksi BOD dan COD dalam buangan, sementara dalam desain diinginkan terjadi nitrifikasi untuk mereduksi ammonia sehingga dibutuhkan faktor pengali (SF) sebesar 1,5. Besarnya SRT dengan terjadi nitrifikasi yaitu:

$$\text{SRT}_n = \text{SRT} \times \text{SF}$$

$$\text{SRT}_n = 10 \times 1,5$$

$$\text{SRT}_n = 15$$

2. Produksi lumpur atau biomassa

Yield terobservasi

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{1 + k_d(\text{SRT})}$$

$$Y_{\text{obs}} = \frac{0,6}{1 + 0,075(10)}$$

$$Y_{\text{obs}} = 0,34$$

3. Produksi MLVSS

Diketahui ;

$NO_x = 2,3 \text{ mg/L}$ (Konsentrasi amonia pada limbah)

$k_{dn} = 0,01 \text{ /hari}$

$SRT_n = 15 \text{ hari}$

$F_d = 0,14$

$$P_{X, VSS} = \frac{QY(S_0 - S_e)}{1 + k_d(SRT)} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_0 - S_e)SRT}{1 + k_d(SRT)} + \frac{QY(NO_x)}{1 + k_{dn}(SRT_n)}$$

$$P_{X, VSS} = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 (432 - 430) \times 10^{-3}}{1 + 0,075(10)} + \frac{(0,14)(0,075)1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 \cdot ((432 - 430) \times 10^{-3}) \cdot 10 \text{ hari}}{1 + 0,075(10 \text{ hari})} + \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43(2,3 \times 10^{-3})}{1 + 0,01 \text{ hari}(15 \text{ hari})} = 1,5438 \text{ kgVSS/day}$$

Penambahan MLSS

$$P_{X, TSS} = \frac{P_{X, VSS}}{VSS/TSS}$$

$$P_{X, TSS} = \frac{1,5438 \text{ kg.VSS/day}}{0,8}$$

$$P_{X, TSS} = 1,929 \text{ kg TSS/day}$$

Total massa padatan dari VSS dan TSS selama SRT

$$X_{VSS}(V) = P_{X, VSS}(SRT) = 1,5438 \times 10 = 15,438 \text{ kg}$$

$$X_{TSS}(V) = P_{X, TSS}(SRT) = 1,929 \times 10 = 19,29 \text{ kg}$$

4. Volume tangki

$$V = \frac{X_{vss}(V)}{X}$$

$$V = \frac{15,438 \text{ kg}}{3,6 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 4,288 \text{ m}^3$$

Dimensi tangki

tangki aerasi 2 memiliki Volume = 4,288 m³ diasumsikan kedalaman setinggi 3 m sehingga;

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{4,288 \text{ m}^3}{3} = 1,429 \text{ m}^2$$

Diasumsikan panjang : lebar = 2 : 1

$$\text{Lebar} = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{1,429 \text{ m}^2}{2}} = 0,845 \approx 1 \text{ m}$$

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

5. Massa lumpur yang harus dibuang

Lumpur yang keluar dari unit ini kemudian diresirkulasi sehingga perlu diasumsikan nilai RAS (*Recirculated Activated Sludge*) yaitu banyaknya lumpur yang diresirkulasi berupa 50% dari debit influen.

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = Q \times \text{RAS}$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,5$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 550,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan menggunakan neraca massa dari resirkulasi, massa lumpur adalah sebagai berikut;

$$X_r = \frac{X(Q+Q_r)}{Q_r}$$

$$X_r = \frac{3,6 \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari} + 550,5 \text{ m}^3/\text{hari})}{550,5 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$X_r = 10,8 \text{ kg}$$

Setelah diketahui massa lumpur yang di resirkulasi maka dapat dihitung nilai debit lumpur yang dibuang yaitu;

$$Q_w = \frac{V(X)}{SRT(X_r)}$$

$$Q_w = \frac{4,288 \text{ m}^3 (3,6 \text{ kg/m}^3)}{10 \text{ hari} (10,8 \text{ kg})}$$

$$Q_w = 0,1429 \text{ m}^3/\text{hari}$$

6. Kontrol Desain

Waktu retensi hidrolis

$$HRT = \frac{V}{Q}$$

$$HRT = \frac{4,288 \text{ m}^3}{1.101 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,00384 \text{ Hari} = 0,092 \text{ jam} \approx 0,1 \text{ jam (tidak}$$

memenuhi kriteria desain)

Rasio F/M

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{Q(S_o - S_e)}{V(X_v)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot ((432 - 430) \times 10^{-3})}{4,288 \text{ m}^3 (3,6)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = 0,143$$

Volumetrik BOD loading

$$BOD_L = \frac{S_o(O)}{V}$$

$$BOD_L = \frac{432 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari})}{4,288 \text{ m}^3}$$

$$BOD_L = 110,92 \text{ kg/hari/m}^3$$

7. Kebutuhan nutrisi

Dalam memenuhi kebutuhan mikroorganisme akan nutrisi, dapat dilakukan pengecekan terhadap rasio karbon, nitrogen dan fosfor.

Fraaksi Degradable dari VSS biologi, X_d

$$X_d = \frac{0,8}{1+0,2(k_d)SRT}$$

$$X_d = \frac{0,8}{1+0,2(0,075)10 \text{ hari}}$$

$$X_d = 0,7$$

$$\Delta X_{vss} = Y(S_o - S_e) - k_d (X_d)(X_v)HRT$$

$$\Delta X_{vss} = 0,43(432 - 430)\text{mg/L} - 0,075 \cdot (0,7) \cdot (3,6)\text{kg/} \\ \text{m}^3 \cdot 0,1 \text{ jam}$$

$$\Delta X_{vss} = 0,43(432 - 430)\text{mg/L} - 0,075 \cdot (0,7) \cdot (3,6)\text{kg/} \\ \text{m}^3 \cdot 0,1 \text{ jam} = 0,8411 \text{ mg/L}$$

Kebutuhan N dan P, mg/L

$$N = \frac{\Delta X_v}{0,8} [0,123(X_d) + 0,07(0,8 - X_d)]$$

$$N = \frac{0,8411 \text{ mg/L}}{0,8} [0,123(0,7) + 0,07(0,8 - 0,7)] = 0,097 \text{ mg/L}$$

$$P = \frac{\Delta X_v}{0,8} [0,026(X_d) + 0,01(0,8 - X_d)]$$

$$P = \frac{0,8411 \text{ mg/L}}{0,8} [0,026(0,7) + 0,01(0,8 - 0,7)] = 0,020 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan diatas evaluasi dimensi pada bak aerasi tidak sesuai dengan perhitungan dimana didapat dimensi terhitung yaitu panjang 2 m, lebar 1 meter sedangkan dimensi yang ada dilapangan yaitu panjang 4,5 m, lebar

17,3 m, dan kedalaman 3 meter, hal tersebut dipengaruhi oleh *hydraulic retention time* dimana secara perhitungan berlangsung lebih cepat sementara dalam kriteria desain yaitu dibutuhkan waktu pengembang biakan sel selama 10 hari, sehingga dimensi lapangan sudah menyesuaikan kondisi yang sebenarnya.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 3

Perhitungan	Hasil
SE	0,845 Hari
SRT _n	15
Y _{obs}	0,34
Produksi MLVSS	1,5438 kgVSS/day
Penambahan MLSS	1,929 kg TSS/day
Volume tangki	4,288 m ³
Dimensi tangki	1,429 m ²
Lebar	1 m ³
Panjang	2
Massa Lumpur	550,5 m ³ /hari
X _r	10,8 kg
Q _w	0,1429 m ³ /hari
HRT	0,1 jam
Rasio F/M	0,143
Volumetrik BOD loading	110,92 kg/hari/m ³
Kebutuhan nutrisi	0,097 mg/L

4.4.5. Bak Aerasi 4

Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan efisiensi pengolahan BOD dari bak Aerasi 1 dari jumlah BOD₅ sebesar 430 mg/L menjadi 388 mg/L. Konsentrasi BOD₅ yang diharapkan keluar dari unit pengolahan CMAS ini dapat lebih rendah sehingga efisiensi pengolahan yang diinginkan adalah sebagai berikut.

$$\%BODRemoval = \frac{430 \text{ mg/L} - 388 \text{ mg/L}}{430 \text{ mg/L}} \times 100\% = 9,77\%$$

1. Waktu Retensi Lumpur (SRT)

Waktu retensi lumpur yaitu lamanya lumpur berada di dalam sistem activated sludge, dengan data asumsi koefisien pada tabel adalah:

$$KS = 85$$

$$Kd = 0,075$$

$$\mu_m = 1,5$$

$$Se = \frac{Ks [1 + kd(SRT)]}{SRT(\mu_m - kd) - 1}$$

$$388 = \frac{85 [1 + 0,075 (SRT)]}{SRT(1,5 - 0,075) - 1} = 0,776 \text{ hari (tidak memenuhi kriteria Desain$$

sehingga waktu yang diambil sesuai dengan kriteria desain yaitu 10 hari).

Nilai SRT tersebut merupakan umur lumpur untuk mereduksi BOD dan COD dalam buangan, sementara dalam desain diinginkan terjadi nitrifikasi untuk mereduksi ammonia sehingga dibutuhkan faktor pengali (SF) sebesar 1,5. Besarnya SRT dengan terjadi nitrifikasi yaitu:

$$SRT_n = SRT \times SF$$

$$SRT_n = 10 \times 1,5$$

$$SRT_n = 15$$

2. Produksi lumpur atau biomassa

Yield terobservasi

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + kd(SRT)}$$

$$Y_{obs} = \frac{0,6}{1 + 0,075(10)}$$

$$Y_{obs} = 0,34$$

3. Produksi MLVSS

Diketahui ;

$$NO_x = 2,3 \text{ mg/L (Konsentrasi amonia pada limbah)}$$

$$k_{dn} = 0,01 \text{ /hari}$$

$$SRT_n = 15 \text{ hari}$$

$$F_d = 0,14$$

$$P_{X, VSS} = \frac{QY(S_0 - S_e)}{1 + k_d(SRT)} + \frac{(f_d)(k_d)QY(S_0 - S_e)SRT}{1 + k_d(SRT)} + \frac{QY(NO_x)}{1 + k_{dn}(SRT_n)}$$

$$P_{X, VSS} = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 (430 - 388) \times 10^{-3}}{1 + 0,075(10)} +$$

$$\frac{(0,14)(0,075)1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 \cdot ((430 - 388) \times 10^{-3}) \cdot 10 \text{ hari}}{1 + 0,075(10 \text{ hari})} +$$

$$\frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 0,43 (2,3 \times 10^{-3})}{1 + 0,01 \text{ hari}(15 \text{ hari})} = 13,502 \text{ kgVSS/day}$$

4. Penambahan MLSS

$$P_{X, TSS} = \frac{P_{X, VSS}}{VSS/TSS}$$

$$P_{X, TSS} = \frac{13,502 \text{ kgVSS/day}}{0,8}$$

$$P_{X, TSS} = 16,878 \text{ kgTSS/day}$$

Total massa padatan dari VSS dan TSS selama SRT

$$X_{VSS}(V) = P_{X, VSS}(SRT) = 13,502 \times 10 = 135,02 \text{ kg}$$

$$X_{TSS}(V) = P_{X, TSS}(SRT) = 16,878 \times 10 = 168,78 \text{ kg}$$

5. Volume tangki

$$V = \frac{X_{VSS}(V)}{X}$$

$$V = \frac{135,02 \text{ kg}}{3,6 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 37,5 \text{ m}^3$$

Dimensi tangki

Diasumsikan kedalaman setinggi 3 m sehingga;

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{37,5 \text{ m}^3}{3} = 12,5 \text{ m}^2$$

Diasumsikan panjang : lebar = 2 : 1

$$\text{Lebar} = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{12,5 \text{ m}^2}{2}} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2L = 5 \text{ m}$$

6. Massa lumpur yang harus dibuang

Lumpur yang keluar dari unit ini kemudian diresirkulasi sehingga perlu diasumsikan nilai RAS (*Recirculated Activated Sludge*) yaitu banyaknya lumpur yang diresirkulasi berupa 50% dari debit influen.

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = Q \times \text{RAS}$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,5$$

$$\text{Debit Resirkulasi (Qr)} = 550,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dengan menggunakan neraca massa dari resirkulasi, massa lumpur adalah sebagai berikut;

$$X_r = \frac{X(Q+Q_r)}{Q_r}$$

$$X_r = \frac{3,6 \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari} + 550,5 \text{ m}^3/\text{hari})}{550,5 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$X_r = 10,8 \text{ kg}$$

Setelah diketahui massa lumpur yang di resirkulasi maka dapat dihitung nilai debit lumpur yang dibuang yaitu;

$$Q_w = \frac{V(X)}{\text{SRT}(X_r)}$$

$$Q_w = \frac{37,5 \text{ m}^3 (3,6 \text{ kg/m}^3)}{10 \text{ hari} (10,8 \text{ kg})}$$

$$Q_w = 1,25 \text{ m}^3/\text{hari}$$

7. Kontrol Desain

Waktu retensi hidrolis

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q}$$

$$\text{HRT} = \frac{37,5 \text{ m}^3}{1.101 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,034 \text{ Hari} = 0,817 \text{ jam (tidak OK)}$$

Rasio F/M

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{Q(S_o - S_e)}{V(X_v)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = \frac{1.101 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot ((430 - 388) \times 10^{-3})}{37,5 \text{ m}^3 (3,6)}$$

$$\left(\frac{F}{M}\right) = 0,343$$

Volumetrik BOD loading

$$\text{BOD}_L = \frac{S_o(O)}{V}$$

$$\text{BOD}_L = \frac{430 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 (1.101 \text{ m}^3/\text{hari})}{37,5 \text{ m}^3}$$

$$\text{BOD}_L = 12,625 \text{ kg/hari/m}^3$$

8. Kebutuhan nutrisi

Dalam memenuhi kebutuhan mikroorganisme akan nutrisi, dapat dilakukan pengecekan terhadap rasio karbon, nitrogen dan fosfor.

Fraksi Degradable dari VSS biologi, X_d

$$X_d = \frac{0,8}{1 + 0,2(k_d)\text{SRT}}$$

$$X_d = \frac{0,8}{1+0,2(0,075)10 \text{ hari}}$$

$$X_d = 0,7$$

$$\Delta X_{vss} = Y(S_o - S_e) - k_d(X_d)(X_v)HRT$$

$$\Delta X_{vss} = 0,43(430 - 388)\text{mg/L} - 0,075 \cdot (0,7) \cdot (3,6)\text{kg/}$$

$$\text{m}^3 \cdot 10 \text{ jam}$$

$$\Delta X_{vss} = 0,43(430 - 388)\text{mg/L} - 0,075 \cdot (0,7) \cdot (3,6)\text{kg/}$$

$$\text{m}^3 \cdot 10 \text{ jam} = 16,17\text{mg/L}$$

Kebutuhan N dan P, mg/L

$$N = \frac{\Delta X_v}{0,8} [0,123(X_d) + 0,07(0,8 - X_d)]$$

$$N = \frac{16,17 \text{ mg/L}}{0,8} [0,123(0,7) + 0,07(0,8 - 0,7)] = 1,88 \text{ mg/L}$$

$$P = \frac{\Delta X_v}{0,8} [0,026(X_d) + 0,01(0,8 - X_d)]$$

$$P = \frac{16,17 \text{ mg/L}}{0,8} [0,026(0,7) + 0,01(0,8 - 0,7)] = 0,388 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan diatas evaluasi dimensi pada bak aerasi tidak sesuai dengan perhitungan dimana didapat dimensi terhitung yaitu panjang 2,5 m, lebar 5 meter sedangkan dimensi yang ada dilapangan yaitu panjang 2,5 m, lebar 17,3 m, dan kedalaman 3 meter, hal tersebut dipengaruhi oleh *hydraulic retention time* dimana secara perhitungan berlangsung lebih cepat sementara dalam kriteria desain yaitu dibutuhkan waktu pengembang biakan sel selama 10 hari, sehingga dimensi dilapangan sudah menyesuaikan kondisi yang sebenarnya.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Aerasi 4

Perhitungan	Hasil
SE	0,776 hari
SRT _n	15
Y _{obs}	0,34
Produksi MLVSS	13,502 kg VSS/day
Penambahan MLSS	16,878 kg TSS/day
Volume tangki	37,5 m ³
Dimensi tangki	12,5 m ²
Lebar	2,5 m
Panjang	5 m
Massa Lumpur	550,5 m ³ /hari
Xr	10,8 kg
Qw	1,25 m ³ /hari
HRT	0,817 jam
Rasio F/M	0,343
Volumetrik BOD loading	12,625 kg/hari/m ³
Kebutuhan nutrisi	1,88 mg/L

4.4.6. Bak Denitrifikasi

Bak denitrifikasi merupakan bak clarifier pengolahan memiliki tiga zona yaitu, zona cairan jernih pada bagian paling atas, zona sedimentasi dan zona yang paling bawah zona thickening. Partikel-partikel individual mengalami aglomerasi di zona thickening. Pada zona ini terdapat terdapat *sludge blanket*, dimana massa lumpur tertekan oleh massa di atasnya yang terus bertambah. Air akhirnya akan tertekan keluar dari dalam lumpur tersebut oleh karena adanya tekanan tersebut.

Supernatan dari thickener keluar melalui saluran outlet dan dikembalikan lagi lagi ke pengolahan awal yaitu ke tangki distribusi yang mendistribusikan air limbah ke tangki aerasi nantinya.



Gambar 4.11 Bak Denitrifikasi (Clarifier) (Dokumentasi Lapangan,2021)

Kriteria desain umumnya yaitu : *Dry solid influent* 0,2-1,5 %, *Dry solid effluent* 2-4 %, *solid loading* (SL) 10-35 kg/m².hari, *Hydarulik loading* (HL) 1-4 m³/m².hari, *Solid capture* 60-85 % TSS pada supernatan 200-1000 mg/L. Sesuai dengan kriteria desain tersebut maka perhitungannya sebagai berikut. Asumsi SL 10 kg/m².hari, berat jenis lumpur ρ 1020 k/m³, *solid capture* 60%. Kriteria desain sumber dari Metcalf & Eddy,2003.

1. Dimensi Denitrifikasi

$$A = \frac{\text{massa lumpur}}{\text{solid loading}} = \frac{16,878 \text{ kg/hari}}{10 \text{ kg/m}^2.\text{hari}} = 1,6878 \text{ m}^2$$

$$D = \left(\frac{4.A}{\pi}\right)^{0,5} = \left(\frac{4 \times 1,6878}{\pi}\right)^{0,5} = 2,1489 \text{ m}$$

$$V = A \times H = 1,6878 \text{ m} \times 2,1489 \text{ m} = 3,627 \text{ m}^3$$

2. Kontrol Desain

$$HL = \frac{Q_{\text{lumpur}}}{A} = \frac{1,25 \text{ m}^3/\text{hari}}{1,6878 \text{ m}^2} = 0,74 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \text{ memenuhi kriteria}$$

desain

$$td = \frac{V}{Q_{lumpur}} = \frac{3,627 \text{ m}^3}{1,25 \text{ m}^3/\text{hari}} = 2,9016 \text{ hari} \text{ memenuhi kriteria desain}$$

3. Lumpur keluar dari Denitrifikasi

$$\text{Masaa Lumpur} = 60\% \times 16,878 \text{ kg/hari} = 10,127 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Debit lumpur} = \frac{\text{massa}}{4\% \cdot \rho} = \frac{10,127 \text{ kg/hari}}{4\% \times 1020} = 0,248 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Hasil evaluasi Perhitungan pengolahan lumpur pada bak sebelumnya telah memenuhi kriteria disain, akan tetapi dimensi dari bak denitrifikasi secara teoritis lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual yang ada dilapangan. dimana dimensi aktual memiliki panjang 31 m, lebar 8 m, dan kedalaman 3,5 m. kondisi tersebut telah sesuai mengingat HRT, dan SRT yang dihitung cukup kecil dibandingkan dengan yang ada dilapangan.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Bak Denitrifikasi

Perhitungan	Hasil
Dimensi Denitrifikasi	
A	1,6878 m ²
D (kedalaman)	2,1489 m
V	3,627 m ³
Kontrol Desain	
HL	0,74 m ³ /m ² . hari
td	2,9016 hari
Lebar	1,3 m
Panjang	1,3 m
Massa Lumpur	10,127 kg/hari
Debit lumpur	0,248 m ³ /hari

4.5. Evaluasi Unit IPAL

Rekapitulasi perhitungan kesesuaian dimensi unit IPAL eksisting dan dimensi unit IPAL yang dievaluasi dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini :

Tabel 4.12 Evaluasi Dimensi Unit IPAL

No	Unit	Dimensi Eksisting			Dimensi Evaluasi			Keterangan
		P	L	H	P	L	H	
			m		m			
1	Bak Kontrol	8	3	3,1	9	3	3,64	Tidak Efisien, dikarenakan debit yang dihitung tidak sesuai, dan dalam perhitungannya sebagian memakai data asumsi, terlihat bahwa perbandingan kriteria desain dan desain aktualnya sangat berbeda
2	Bak Aerasi 1	5	17,3	3	9	18	3	
3	Bak Aerasi 2	5	17,3	3	2	1	3	
4	Bak Aerasi 3	4,5	17,3	3	2	1	3	
5	Bak Aerasi 4	2,5	17,3	3	2,5	5	3	
6	Bak Denitrifikasi	31	8	3,5	1,3	1,3	2,1	
7	Bak Sedimentasi	31,77	6,26	2,2	9	3	3,64	
8	Bak Indikator	-	-	-	-	-	-	

Sumber : Data perhitungan, 2021

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Efisiensi penyisihan pada IPAL *Crumb Rubber* PT. X berjalan dengan baik, pada setiap bak pengolahan, umumnya efisiensi removal air limbah *crumb rubber* pada masing-masing bak pengolahan yaitu rata-rata sebesar 78%;
2. Berdasarkan hasil evaluasi IPAL pada masing-masing bak pengolahan secara kriteria desain belum efisien dikarenakan waktu tinggal yang cukup cepat, maka dari itu hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahannya yaitu waktu tinggal dalam bak dan debit produksi dapat diperkecil, sementara itu debit yang masuk juga cukup kecil sehingga tidak sesuai dengan kriteria desain, dan sebagian data menggunakan data asumsi.

5.2. Saran

1. Hasil perhitungan merupakan analisis dan asumsi dari berbagai landasan teori, standar dari para ahli, dan dari penelitian terdahulu, untuk lebih jelasnya perlu melakukan pemantauan setiap saat agar lebih mendalami tentang sistem-sistem pengolahan pada IPAL *crumb rubber* dan perlu dilakukan kontrol agar sistem IPAL berjalan dengan, baik;
2. Diperlukan perhitungan menentukan desain dan sistem pengolahan, agar IPAL ini dapat menjadi alternatif atau contoh agar di beberapa

perusahaan industri yang menghasilkan air limbah khususnya limbah *crumb rubber* agar dapat menerapkan teknis yang sama dalam pengolahannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, TE, 2012. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Menggunakan Reagen Fenton. Dipetik pada tanggal 27 Januari 2021, dari <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/download/25/27>
- Andreozzi, R., dkk. 2000. *Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Mineral Oil- Contaminated Wastewater*. *Water Resource*, Vol. 32(2), 620-628
- Dama, P., Bell, J., Foxon, K. M., Brouckaert, C. J., Huang, T., Buckley, C. A., Naidoo, V.
- Handayani, Y. (2009). <http://Repository.usu.ac.id/bitstream/12345678/13857/1/09E00352.pdf> (diakses pada 19 september, 2021)
- Hermana, J. (2011). Pengolahan Biologis Anaerobik dan Anoksik Sistem Tersuspensi dan Terlekat. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat - Buku 3 : Pembangunan Infrastruktur Sanimas IDB (2016)
- Kementrian Pekerjaan Umum, (2013). Desiminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP, (Materi Bidang Air Limbah).
- Metcalf and Eddy, (1991). *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. *Mc Graw Hill Comp.*
- Mutho dan Efendri E. (2013). Pemanfaatan Limbah Padat Pabrik Crumb Rubber (Tatal) Pada Pembuatan Bahan Bakar Cair. Palembang Unsri.
- Nguyen, H., Turgeon, S., dan Matte, J. (2010). *The Anaerobic Baffled Reactor: A Study of*
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. (2014). Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- PT. X, Kota Jambi. (2021). Dokumen Teknis Pembuangan Air Limbah Produksi dan Domestik ke Air Permukaan. Kota Jambi.
- Stuckey, D. C. (2002). *Pilot Scale Study of An Anaerobic Baffled Reactor for The Treatment of Domestic Wastewater*. *Water Science & Technology*, 46 (9), pp. 263-270

Tahiyah, G.N., 2017. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Indolaktor Pandaan, Pasuruan Jawa Timur. Skripsi. Universitas Brawijaya Malang.

The Wastewater Treatment Process Using The Anaerobic Baffled Reactor. Borchester Polytechnic Institute, USA.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Perhitungan Jumlah Air Limbah

No	Tanggal	Debit V-Notch (m ³ /hari)	Debit V-Notch (l/s)
1	2 November 2021	1.701	19,7
2	3 November 2021	980	11,3
3	4 November 2021	600	6,9
4	5 November 2021	1000	11,6
5	6 November 2021	1300	15,0
6	7 November 2021	1000	11,6
7	8 November 2021	1143	13,2
8	9 November 2021	1201	13,9
9	10 November 2021	1343	15,5
10	11 November 2021	1700	19,7
11	12 November 2021	1256	14,5
12	13 November 2021	1344	15,6
13	14 November 2021	1500	17,4
14	15 November 2021	1234	14,3
15	16 November 2021	1300	15,0
16	17 November 2021	1343	15,5
17	18 November 2021	1400	16,2
18	19 November 2021	1232	14,3
19	20 November 2021	1100	12,7
20	21 November 2021	1521	17,6
21	22 November 2021	1112	12,9
22	23 November 2021	432	5,0
23	24 November 2021	634	7,3
24	25 November 2021	980	11,3
25	26 November 2021	889	10,3
26	27 November 2021	1000	11,6
27	28 November 2021	100	1,2
28	29 November 2021	1238	14,3
29	30 November 2021	340	3,9
Jumlah Total	29 Hari	31.923	369,5
Rata-Rata		1.101	12,7

Sumber: Data PT.X,2021

Lampiran 2. Data Kualitas Air Permukaan Air Sungai Batanghari diSekitar

Outfall

No	Tes Description*	Satuan	Hasil		
			Hulu (AP-1)	Hilir (AP-2)	Baku Mutu
	Physical Properties:				
1	Temperature*		29.4	29.3	Deviasi 3
2	Total Dissolved Solid,TDS	mg/L	220	154	1000
3	Total Suspended Solid, TSS	mg/L	28	29	50
	Chemical Properties:				
1	pH*		6.9	6.9	6-9
2	Biological Oxygen Demand, BOD ₅	mg/L	7.1	< 0.4	3
3	Chemical Oxygen Demand, COD	mg/L	23.62	< 1.6	25
4	Dissolved Oxygen,DO	mg/L	4.8	4.5	4
5	Total Phosphate as P	mg/L	0.45	0.44	0.2
6	Nitrogen, Nitrate as N (NO ₃ -N)	mg/L	0.120		
7	Amonia, NH ₃ -N	mg/L	0.110	0.150	10
8	Arsen,AS	mg/L	< 0.00006	0.111	-
9	Cobalt,Co	mg/L	< 0.020	< 0.0006	1
10	Barium, Ba	mg/L	< 0.277	< 0.020	0.2
11	Boron, B	mg/L	< 0.07	< 0.277	-
12	Selenium, Se	mg/L	< 0.0001	< 0.07	1
13	Cadmium,Cd	mg/L	< 0.00004	< 0.0001	0.05
14	Chromium hexavalent,Cr ⁶⁺	mg/L	< 0.001	< 0.00004	0.01
15	Copper,Cu	mg/L	< 0.006	< 0.001	0.05
16	Iron, Fe	mg/L	< 0.013	< 0.006	0.02
17	Lead,Pb	mg/L	< 0.0002	< 0.013	-
18	Manganese, Mn	mg/L	< 0.007	< 0.0002	0.03
19	Mercury, Hg	mg/L	< 0.00009	< 0.007	-
20	Zinc, Zn	mg/L	< 0.004	< 0.00009	0.002
21	Chloride, Cl	mg/L	1.5	< 0.004	0.05
22	Cyanide,CN	mg/L	0.064	1.0	-
23	Fluoride, F	mg/L	< 0.014	0.065	0.02
24	Nitrogen, Nitrite as N (NO ₂ -N)	mg/L	0.054	0.296	1.5
25	Sulphate, SO ₂ ⁻⁴	mg/L	58.76	0.060	0.06
26	Free Chlorine, Cl ₂	mg/L	< 0.01	55.32	-
27	Hydrogen Sulfide, H ₂ S	mg/L	0.008	< 0.01	0.03
28	Oil and Grase	µg/L	< 600	0.008	0.002
29	Surfactants, MBAS	mg/L	< 0.006	< 600	1000
30	Phenol, C ₆ H ₅ OH	µg/L	< 1	< 0.006	0.2
	Biological Properties:			< 1	1
1	Total Coliform	MPN/100 mL	920		
2	Fecal Coliform	MPN/100 mL	350	110	5000

* Sumber: Laporan Hasil Pengujian (LHP), November 2020

* Baku Mutu Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 (Kelas II)

Keterangan :

AP-1 : (*Upstream*) hulu sungai Batanghari pada titik 50 m sebelum *outfall* (AP-1) (*LS* :
1°35'2,8"E BT: 103°37'7,520"S)

AP-2: (*Downstream*) hilir sungai Batanghari pada titik 50 m sesudah *outfall* (AP-1) (*LS*
:1° 34' 56,504" S BT:103° 37' 12,145" E)