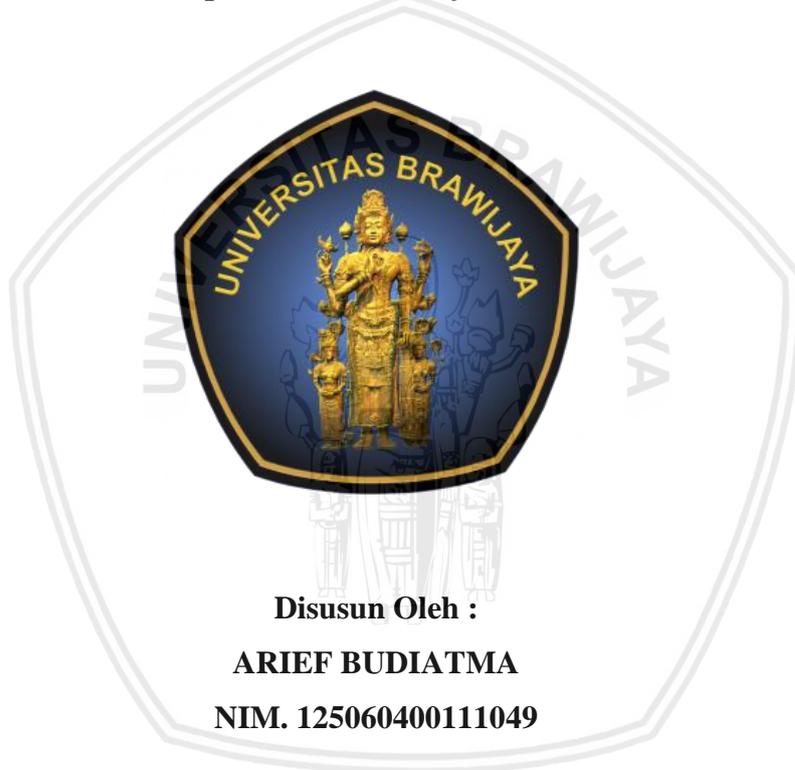


**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
(IPAL) TERPUSAT DI UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK BANGUNAN AIR

**Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh :

ARIEF BUDIATMA

NIM. 125060400111049

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
TERPUSAT DI UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN
KONSENTRASI PERENCANAAN TEKNIK BANGUNAN AIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ARIEF BUDIATMA

NIM. 125060400111049

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 12 April 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Moh. Sholichin, MT., Ph. D
NIP. 19670602 198802 1 001

Ir. Widyo Pranoko, Dipl. San.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Tujuan dan Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Air Limbah	5
2.2. Sifat-sifat Air Limbah	6
2.2.1. Sifat Fisik Air Limbah	6
2.2.2. Sifat Kimia Air Limbah	6
2.2.3. Sifat Biologis Air Limbah	9
2.3. Sumber Asal Air Limbah	10
2.3.1. Air Limbah Rumah tangga	10
2.3.2. Air Limbah Industri	11
2.3.3. Air Limbah Rembesan dan Tambahan	14
2.4. Ambang Batas Pencemar	14
2.5. Mekanisme Pembusukan atau Penguraian Bahan Organik	15
2.6. Metode Pengolahan Air Limbah	17
2.7. Teknologi Pengolahan Limbah Biologis	18
2.7.1. Pengolahan Air Limbah Secara Aerobik	20
2.7.2. Pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik	26
2.7.2.1. Pertimbangan Desain Pengolahan Limbah Cair Sistem	



Anaerobik	30
2.8. Rencana Anggaran Biaya (RAB)	31
2.8.1. Langkah – langkah Persiapan Perhitungan RAB	32
2.8.2. Dasar Perhitungan	33
BAB II METODOLOGI	35
3.1. Lokasi Studi.....	35
3.2. Kondisi Eksisting Pengolahan Limbah UB.....	36
3.3. Diagram Alir Studi	39
3.4. Tahapan-Tahapan Studi.....	40
3.4.1. Identifikasi Masalah	40
3.4.2. Pengumpulan Data.....	40
3.4.2.1. Data Debit Air Limbah.....	40
3.4.2.2. Data Sampel Air Limbah.....	41
3.4.3. Mutu Air Limbah.....	42
3.4.4. Penentuan Jenis IPAL.....	42
3.4.5. Perencanaan dan Perhitungan Desain IPAL.....	43
3.4.6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta Operasi dan Pemeliharaan	43
3.4.7. Tahap Kesimpulan dan Saran.....	43
BAB IV PEMBAHASAN	45
4.1. Lokasi IPAL Terpusat Universitas Brawijaya.....	45
4.2. Perhitungan Debit Air Limbah	46
4.3. Kualitas Air Limbah.....	55
4.4. Perencanaan dan Perhitungan IPAL.....	55
4.4.1. <i>Bar Screen</i>	56
4.4.2. Perhitungan Bak Ekuwalisasi	58
4.4.3. Perhitungan Bak Pengendap Awal	60
4.4.4. Perhitungan Bak Anaerobik	64
4.4.5. Perhitungan Bak Pengendap Akhir	71
4.4.6. Perhitungan Bak Pengendap Akhir	77
4.4.7. Proses IPAL untuk Limbah Cair. Universitas Barwijaya.....	80
4.5. Hasil Pengolahan (<i>Effluent</i>).....	82
4.6. Perencanaan Biaya Pembangunan IPAL.....	83
4.7. Operasional dan Perawatan IPAL	85

4.7.1. Operasional IPAL	85
4.7.2. Perawatan IPAL.....	86
4.7.3. Biaya Operasional IPAL.....	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1. Kesimpulan.....	89
5.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Limbah Domestik	8
Tabel 2.2. Rata-rata Aliran Air Limbah Berdasarkan Penggunaan Gedung	11
Tabel 2.3. Rata-rata Penggunaan Air untuk Berbagai Industri.....	13
Tabel 2.4. Keuntungan dan Kerugian Proses Anaerobik dibandingkan Proses Aerobik.....	26
Tabel 3.1. Jumlah <i>Civitas academica</i> UB.....	41
Tabel 3.2. Kualitas Air Limbah Domestik di Universitas Brawijaya	42
Tabel 3.3. Baku Mutu Air Limbah	42
Tabel 4.1. Jumlah Mahasiswa dan Staf Akademik UB Utuk Zona I.....	47
Tabel 4.2. Jumlah Mahasiswa dan Staf Akademik UB Utuk Zona II	48
Tabel 4.3. Rekapitulasi Jumlah <i>Civitas Academica</i> UB	48
Tabel 4.4. Rekapitulkasi Limbah Cair Domestik yang Dihasilkan Universitas Brawijaya	54
Tabel 4.5. Kualitas Air Limbah Domestik di Universitas Brawijaya	55
Tabel 4.6. Perkiraan kualitas <i>effluent</i> dari Tiap Proses Pengolahan	82
Tabel 4.7. Perbandingan Kualitas <i>Effluent</i> IPAL Terpusat Universitas Brawijaya dengan Baku Mutu.....	82
Tabel 4.8. Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya	83
Tabel 4.9. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	84



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RINGKASAN

Arief Budiarta, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2019, *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Terpusat di Universitas Brawijaya*, Dosen Pembimbing : Ir. Moh Sholichin, MT., Ph D dan Ir. Widyo Pranoko, Dipl. San

Dalam perkembangannya, pertumbuhan jumlah mahasiswa di Universitas Brawijaya berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan air bersih. Peningkatan kebutuhan air bersih tentu saja akan berdampak pada meningkatnya jumlah air limbah. Praktek penanganan limbah cair di Universitas Brawijaya hingga saat ini belum sepenuhnya memenuhi kaidah IPTEK serta regulasi yang ada sehingga dapat terjadi risiko pencemaran lingkungan. Debit air limbah yang dihasilkan oleh Universitas Brawijaya sebesar 1217,053 m³/hr, dengan kandungan BOD₅, COD, TSS berturut-turut sebesar 583,33 mg/L, 604,17 mg/L dan 1458,33 mg/L. Kandungan bahan organik tersebut belum memenuhi baku mutu air limbah yang ditentukan oleh pemerintah sehingga dapat membahayakan lingkungan. Salah satu upaya untuk mengatasi terjadinya pencemaran lingkungan akibat air limbah adalah dengan membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Dalam studi ini akan dilakukan perencanaan IPAL untuk mengolah air limbah dari berbagai kegiatan di Universitas Brawijaya. Pada IPAL ini direncanakan memiliki lima proses pengolahan yaitu bak ekualisasi, bak pengendap awal, bak anaerobik, bak aerobik dan bak pengendap akhir yang mampu mengurangi kandungan organik limbah cair. Limbah cair sebelum masuk ke bak ekualisasi akan melewati *bar screen* untuk menyaring sampah atau limbah padat, bak ekualisasi berfungsi untuk menstabilkan aliran air limbah sebelum masuk ke proses selanjutnya, bak pengendap awal berfungsi untuk menurunkan kandungan bahan organik dengan efisiensi sebesar 30% dan efisiensi TSS sebesar 60%, bak anaerobik berfungsi menurunkan kandungan organik dengan menggunakan media filter sebagai tempat bakteri anaerob berkembangbiak dan melakukan penguraian bak ini memiliki efisiensi BOD, COD, TSS berturut-turut sebesar 73%, 66%, 70%, bak aerobik berfungsi mengurangi kandungan organik dengan menggunakan media filter sebagai tempat melekatnya bakteri dan tambahan udara yang dihembuskan melalui *blower* untuk menambah suplai oksigen, bak ini memiliki efisiensi sebesar 80%, bak pengendap akhir berfungsi untuk mengurangi kandungan organik dan mengendapkan partikel tersuspensi bak ini memiliki efisiensi sebesar 15% untuk BOD dan COD serta 85% untuk TSS.

Hasil pengolahan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Universitas Brawijaya ini direncanakan menghasilkan BOD₅, COD dan TSS berturut-turut sebesar 19,125 mg/L, 24,443 mg/L dan 5,25 mg/L. Hasil dari pengolahan tersebut telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan Permen LH dan Kehutanan no 68 tahun 2016. Rencana Anggaran Biaya pembangunan IPAL adalah sebesar Rp 1.799.103.000,00 (Satu Milyar Tujuh Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Seratus Tiga Ribu Rupiah).

Kata kunci : limbah cair, IPAL, bak pengendap

SUMMARY

Arief Budiarta, Water Resources Engineering Department, Faculty of Engineering of Brawijaya University, March 2019, *Planning of Centralized Waste Water Treatment Plant (WWTP) in Brawijaya University*, Academic Supervisor : Ir. Moh Sholichin, MT., Ph D dan Ir. Widyo Pranoko, Dipl. San

In its development, the growth in the number of students in Brawijaya University is directly proportional to the increase in the need for clean water. Increasing the need for clean water will of course have an impact on increasing the amount of wastewater. The practice of handling wastewater in Universitas Brawijaya up to now has not fully fulfilled the rules of science and technology and existing regulations, so that the risk of environmental pollution can occur. The discharge of wastewater produced by Brawijaya University is 1217,053 m³ / day, with the content of BOD₅, COD, TSS respectively at 583.33 mg / L, 604.17 mg / L and 1458.33 mg / L. The organic matter content does not meet the quality standards of wastewater determined by the government so that it can endanger the environment. One of the efforts to overcome the occurrence of environmental pollution due to waste water is to build a Waste Water Treatment Plant (WWTP).

In this study, WWTP will be planned to process wastewater from various activities in Universitas Brawijaya. It is planned to have five processing processes, the equalization tank, primary settling tank, anaerobic tank, aerobic tank and a final settling tank that can reduce the organic content of wastewater. The wastewater before entering the equalization tank will pass through the bar screen to filter solid waste, the equalization tank serves to stabilize the flow of waste water before entering the next process, the primary settling tank function serves to reduce the content of organic materials with an efficiency of 30% and TSS efficiency of 60%, anaerobic tank has function to reduce the organic content by using filter media as anaerobic bacteria multiplying and decomposing these bodies has the efficiency of BOD, COD, TSS respectively at 73%, 66%, 70%, the aerobic tank has function to reduce the organic content with using filter media as a place for attaching bacteria and additional air exhaled through a blower to increase oxygen supply, this tank has an efficiency of 80%, the final settling tank serves to reduce the organic content and precipitate suspended particles both have efficiency of 15% for BOD and COD and 85% for TSS.

The results of processing from the Waste Water Treatment Plant (WWTP) in Brawijaya University are planned to produce BOD₅, COD and TSS respectively at 19.125 mg / L, 24.43 mg / L and 5.25 mg / L. The results of the processing have met the quality standards set by the government based on Environment and Forestry Minister Regulation No. 68 of 2016. The planned budget for the construction of WWTP is IDR 1,799,103,000.00 (One Billion Seven Hundreds Ninety Nine Million One Hundred Three Thousand Rupiah) .

Keyword : wastewater, WWTP, settling tank

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air adalah Sumber Daya Alam yang mampu mencukupi keberlangsungan hidup manusia, jadi menjaga kualitas air merupakan suatu keharusan supaya tetap berguna untuk kehidupan manusia dan makhluk hidup yang lain. Penggunaan air sangat mempengaruhi kondisi lingkungan, bahkan bisa merubah sistem kehidupan yang sudah selaras antara kehidupan itu sendiri dengan lingkungannya. Maka dari itu dalam pemanfaatan air tidak boleh terlepas dari suatu keharusan untuk memperhatikan tujuan dan pengaruh yang ditimbulkan oleh pemanfaatan air tersebut. Dalam menjaga keberlangsungan penggunaan air diperlukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijak dengan mengutamakan kegunaan saat ini ataupun yang akan datang serta keselarasan ekologi (PP No.82,2001,p.1).

Limbah cair rumah tangga merupakan salah satu faktor terbesar penyebab tercemarnya perairan di Indonesia, limbah rumah tangga terdiri dari *blackwater* dan *greywater*, *blackwater* (limbah kakus) yang berasal dari buangan berupa tinja atau cairan lain, *greywater* (limbah rumah tangga ringan) bersumber dari sisa cucian alat-alat rumah tangga, seperti peralatan makan, pakaian, dan lain-lain. Sebagai contoh pada daerah Jabodetabek setidaknya 1,3 juta meter kubik limbah cair rumah tangga yang berasal dari 22 juta penduduk Jabodetabek langsung dibuang ke badan air, hal yang sama juga terjadi di daerah perkotaan lain, maka dari itu diperlukan pengolahan air limbah terpadu sebagai *treatment* bagi air limbah sebelum masuk ke badan air atau sungai (BPLH Jakarta, 2010).

Kampus Universitas Brawijaya adalah salah satu Perguruan Tinggi di Kota Malang, setiap tahunnya kampus ini menerima puluhan ribu mahasiswa sehingga jumlah mahasiswa mencapai 61.225 mahasiswa pada tahun 2018, jumlah dosen sebanyak ± 2.106 orang dan staf administratif sebanyak ± 1.286 orang, sehingga total penghuni Universitas Brawijaya sekitar 64.566 orang. Kemudian dalam perkembangannya, pertumbuhan jumlah mahasiswa berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan air bersih. Peningkatan kebutuhan air bersih tentu saja akan berdampak pada meningkatnya jumlah air limbah, namun seringkali tidak diimbangi dengan pemenuhan layanan pengelolaan air limbah.

Secara umum, limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas di Universitas Brawijaya dihasilkan dari berbagai sumber, antara lain limbah domestik seperti cuci mencuci, kantin, toilet dan limbah laboratorium seperti bahan kimia maupun biologis.

Semua limbah cair yang berasal dari seluruh fakultas di Universitas Brawijaya belum dilakukan pengolahan teknis, hanya dialirkan ke *septic tank*, ke saluran drainase ataupun diresapkan ke dalam tanah. Untuk air limbah laboratorium, yang mengandung asam/basa pekat atau larutan lainnya, saat ini hanya diencerkan dan kemudian dialirkan ke tangki septik. Sehingga tidak dapat dihindari terjadinya risiko pencemaran lingkungan, karena saat ini penanganan limbah di Universitas Brawijaya belum sepenuhnya memenuhi kaidah IPTEK serta regulasi yang ada. Salah satu cara efektif untuk meminimalisir dampak negatif dari pencemaran limbah cair ini adalah dengan membangun instalasi pengolahan air limbah. Dengan memperhatikan kondisi air limbah baik dari kualitas dan kuantitas yang perlu diolah, suatu sistem pengolahan air limbah yang terpadu dirancang untuk menangani air limbah. Oleh karena itu apabila suatu sistem pengolahan air limbah telah tersedia maka diperlukan suatu usaha dalam memanfaatkan dan mengelola secara maksimal.

1.2. Identifikasi Masalah

Praktek penanganan limbah cair di Universitas Brawijaya hingga saat ini belum sepenuhnya memenuhi kaidah IPTEK serta regulasi yang ada sehingga tidak dapat dihindari terjadi risiko pencemaran lingkungan. Selain itu untuk mendukung program *Green Campus* Universitas Brawijaya pengelolaan limbah menjadi salah satu point terpenting sebagai bahan pertimbangan.

Pembangunan instalasi pengolahan air limbah di Universitas Brawijaya adalah salah satu upaya untuk mengatasi terjadinya pencemaran lingkungan akibat air limbah serta mendukung program *Green Campus*. Sebelumnya pembuangan limbah cair berupa limbah domestik seperti cuci mencuci, kantin, toilet dan limbah laboratorium pada berbagai fakultas di Universitas Brawijaya masih menggunakan cara dengan membuang pada *septic tank*, saluran drainase dan diresapkan ke tanah. Dalam pengelolaan air limbah memerlukan sarana dan prasarana untuk penyaluran dan pengolahannya, oleh karena itu diperlukan sebuah perencanaan IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah) sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Inti dari permasalahan yang dapat diidentifikasi antara lain :

1. Tidak adanya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai berdasarkan kaidah IPTEK, serta Permen LH dan Kehutanan RI No.68 tahun 2006.
2. Limbah cair yang dihasilkan oleh Universitas Brawijaya belum memenuhi standar baku mutu air limbah dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Air limbah tersebut

langsung dibuang ke *septicktank*, diresapkan ke tanah, dan ke saluran drainase untuk selanjutnya dialirkan ke badan air.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mempertajam permasalahan pada studi, berikut ini batasan masalah yang dibuat:

1. Lokasi studi terletak di Universitas Brawijaya
2. Jenis limbah adalah limbah cair domestik, sementara air limbah dari laboratorium telah melalui proses pengolahan pendahuluan dan akan diperlakukan sebagai limbah domestik.
3. Limbah yang dibahas berasal dari limbah cair di Universitas Brawijaya.
4. Tidak membahas sistem saluran perpipaan.

1.4. Rumusan Masalah

Setelah menentukan identifikasi masalah dan batasan masalah seperti yang dijabarkan di atas, kemudian dibuat suatu rumusan masalah berikut ini:

1. Bagaimana kondisi eksisting IPAL Universitas Brawijaya ?
2. Berapa besar debit limbah yang dihasilkan ?
3. Bagaimana menentukan jenis IPAL yang akan direncanakan ?
4. Bagaimana perencanaan dan perhitungan jenis IPAL yang telah ditentukan ?
5. Berapa Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta operasi dan pemeliharaan (O&P) IPAL Universitas Brawijaya ?

1.5. Tujuan dan Manfaat

Dengan memperhatikan rumusan masalah studi ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kondisi eksisting IPAL di Universitas Brawijaya
2. Mengetahui besarnya debit limbah yang dihasilkan dari Universitas Brawijaya
3. Mengetahui jenis IPAL yang sesuai untuk diterapkan di Universitas Brawijaya
4. Mendapatkan hasil perhitungan dan perencanaan jenis IPAL yang telah ditentukan.
5. Mengetahui Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta operasi dan pemeliharaan (O&P) IPAL Universitas Brawijaya.

Adapun manfaat dari studi ini adalah dengan adanya IPAL di Universitas Brawijaya, dapat meningkatkan kesehatan dan estetika lingkungan sekitar serta menanggulangi pencemaran lingkungan selain itu juga mendukung program *Green Campus*.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

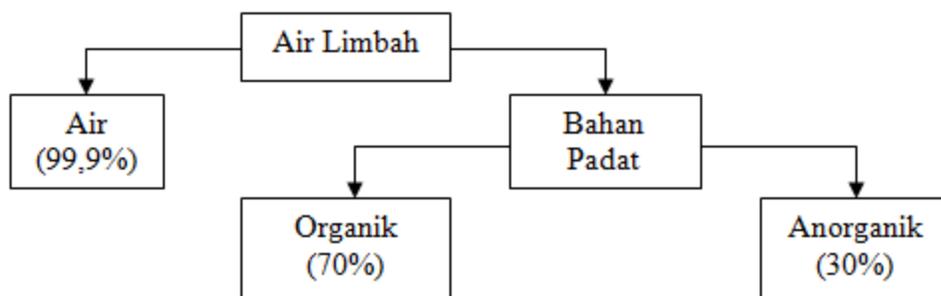
2.1. Pengertian Air Limbah

Limbah merupakan buangan yang keberadaannya pada suatu tempat dan waktu tertentu tidak diinginkan oleh lingkungannya, hal itu dikarenakan tidak bermanfaat secara ekonomi. Air limbah adalah air buangan dari masyarakat, rumah tangga maupun dari kegiatan industri, air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum (Sugiharto, 2008, p.5)

Menurut PP No. 82 Tahun 2001, limbah cair merupakan sisa dari suatu aktivitas usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah ialah sisa air yang dibuang, bersumber dari rumah tangga, industri dan tempat aktivitas lainnya, pada umumnya limbah cair ini memiliki kandungan bahan-bahan ataupun zat yang menyebabkan terganggunya kondisi lingkungan hidup dan kesehatan manusia.

Batasan tentang air buangan banyak dikemukakan biasanya meliputi bahan kandungan serta sumber dari mana air itu berasal, contohnya air buangan industri, rumah tangga, daerah pertanian, tempat niaga/perdagangan, fasilitas medis dan sebagainya. Masing-masing limbah cair mempunyai karakter yang berbeda-beda. Sehingga untuk mengolahnya memerlukan teknik dan perlakuan yang berbeda pula.

Air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan waktu, sesuai dengan sumber asal air limbah tersebut. Namun secara garis besar kandungan zat yang ada pada air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini :



Gambar 2.1 Skema Pengelompokan Bahan Kandungan Air Limbah

Sumber : Sugiharto, (2008, p.16)

2.2. Sifat-sifat Air Limbah

Pengetahuan tentang kandungan dan sifat-sifat air limbah perlu diketahui terlebih dulu sebelum menentukan metode pengolahan yang akan diterapkan. Air limbah domestik dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu (Sugiharto, 2008, p.22).

2.2.1. Sifat Fisik Air Limbah

Sifat fisik yang mudah terlihat merupakan salah satu faktor utama dalam penetapan derajat pengotoran air limbah. Untuk sifat fisik air limbah sendiri yang utama adalah kandungan zat padat yang mudah diidentifikasi seperti kejernihan, bau, warna serta suhu (Sugiharto, 2008, p.21). Sekitar 40% dari zat padat yang ada pada kebanyakan air limbah berada dalam keadaan terapung. Beberapa bagian dari bahan padat akan mengendap cepat sekali, tetapi yang berukuran koloidal akan mengendap perlahan-lahan atau sama sekali tidak mengendap (Linsley & Ray K, 1986, p.248). Warna adalah ciri kualitatif yang paling mudah digunakan untuk mengidentifikasi kondisi air limbah secara umum. Ciri lain adalah berupa bau air limbah menimbulkan berbagai senyawa berbau yang keluar ketika zat organik pada air limbah terurai dengan cara anaerobik. Ciri fisik berupa temperatur sangat penting sebab biasanya instalasi pengolahan air limbah berupa proses-proses biologi yang bergantung pada temperatur air yang terdapat di lokasi (Linsley & Ray K, 1986, p.250).

2.2.2. Sifat Kimia Air Limbah

Adanya zat kimia yang terdapat pada air limbah bisa mencemari kondisi lingkungan dengan bermacam cara. Lebih berbahaya jika bahan zat termasuk golongan bahan kimia beracun. Bahan kimia yang sering terdapat pada limbah domestik antara lain sebagai berikut (Sugiharto, 2008, p.21):

1. Bahan organik

Kandungan bahan organik pada air limbah domestik yaitu protein sebesar 40-60%, karbohidrat sebesar 25-50% serta 10% lainnya merupakan lemak atau minyak. Kemudian urea yang merupakan bahan terbanyak di dalam urine adalah bagian dari bahan organik yang penting juga, dikarenakan urea dapat terurai dengan cepat dalam air limbah (Sugiharto, 1987, p.25). Sedangkan bahan organik akan dioksidasi oleh jasad renik menjadi energi dari bahan buangan lain serta gas. Bahan organik + $O_2 \rightarrow CO_2 + NH_3 + \text{energi} + \text{bahan buangan dan bakteri baru}$.

Kandungan bahan organik merupakan perpaduan antara karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen serta ada elemen penting lain seperti belerang, fosfor dan besi. Oksigen akan digunakan untuk proses pembusukan oleh bakteri, hal itu terjadi kalau bahan organik dibuang ke badan air tanpa proses pengolahan sebelumnya.

Komponen yang termasuk di dalam bahan organik digolongkan sebagai berikut (Sugiharto, 2008, p.26):

➤ Protein

Pada makhluk hidup protein menjadi kandungan utama yang tidak dapat dipisahkan, di situ termasuk juga tanaman dan binatang dengan sel tunggal. Asam amino yang merupakan bahan penyusun protein dan bersifat amfoter, artinya mempunyai sifat asam maupun sifat basa, terjadinya bau akibat proses pembusukan dan penguraiannya disebabkan oleh adanya protein.

➤ Karbohidrat

Karbohidrat merupakan persenyawaan gula dan pati yang secara kimia disebut polihidroksi aldehida dan polihidroksi keton. Alkohol dan karbondioksida (CO_2) merupakan hasil dari proses fermentasi. Proses fermentasi sendiri ditimbulkan oleh gula yang terurai melalui enzim dari bakteri dan jamur. Lemak atau minyak

Lemak atau minyak merupakan suatu senyawa ester, yaitu ester antara gliserol dengan karboksilat rantai panjang yang disebut asam lemak. Dalam lemak terdapat lebih banyak asam lemak jenuh sedangkan dalam minyak terdapat lebih banyak asam lemak tidak jenuh. Efek buruk lemak adalah dapat menyumbat saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan. Kadar lemak pada angka 15-20% mg/l adalah batas maksimal yang dapat diijinkan bila terdapat kandungan lemak pada air.

➤ Deterjen atau *Surfactant*

Deterjen termasuk golongan dari molekul organik yang digunakan untuk menggantikan sabun sebagai pembersih, deterjen digunakan agar hasil yang didapat maksimal. Komposisi utama deterjen ialah minyak nabati atau minyak bumi. Deterjen menimbulkan busa atau buih, busa tersebut berada di atas permukaan gelembung udara dan umumnya relatif tetap. Sumber asal dari deterjen biasanya air limbah dari aktivitas rumah tangga atau pemukiman.

2. Indikator Kandungan Organik

Dalam menentukan kandungan organik yang terdapat pada limbah cair umumnya digunakan parameter berupa *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) yaitu banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk penguraian bahan pencemar oleh bakteri dalam kondisi baku (Herlambang, 2006, p.21). Besarnya angka dari BOD berbanding lurus dengan tingkat pencemaran air limbah

(Sugiharto, 1987, p.27). Analisa dari BOD penting dilakukan untuk menentukan beban pencemaran air limbah serta untuk merencanakan sistem pengolahan biologi yang tepat.

Hasil dari analisa atau tes BOD dipakai untuk ; (1) mengetahui jumlah oksigen yang diperlukan untuk stabilisasi biologi dari zat organik yang ada, (2) sebagai acuan penentuan desain dan dimensi sarana pengolahan air limbah, (3) untuk menentukan kesesuaian dengan standar baku mutu air limbah yang ada (Tchobanoglous, 1991).

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) mencerminkan kebutuhan bahan kimia yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan pencemar yang ada dalam air (Herlambang, 2006, p.21). Nilai COD dalam air biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD hal itu dikarenakan lebih banyak senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dibandingkan oksidasi secara biologis. Semakin tinggi nilai COD di dalam air maka derajat pencemaran pada suatu perairan juga semakin tinggi (Asmadi, 2012, p.11). Tes COD juga diperlukan untuk mengukur bahan organik dalam air limbah dari industri maupun perkotaan yang mengandung senyawa beracun yang mengganggu kehidupan biologis.

3. Bahan anorganik

Formasi geologis dimana air limbah berasal mempengaruhi besarnya kandungan bahan anorganik yang ada. Komponen yang tergolong di dalam bahan anorganik yang terdapat pada air limbah adalah keasaman, kebasaaan, klorida, nitrogen, fosfor, sulfur, logam berat, metan dan belerang.

4. Gas-gas

Gas-gas umumnya selalu terdapat di dalam air, oksigen (O_2) merupakan salah satu gas yang penting keberadaannya. Oksigen terlarut sangat diperlukan bagi pemanfaatan mikroorganisme aerobik maupun yang lainnya. Disamping itu bau-bauan yang membahayakan bisa timbul karena ada unsur karbon berubah menjadi metan termasuk CO_2 dan sulfur, hal ini terjadi saat oksigen ada pada nilai ambang yang rendah. Untuk belerang sendiri akan berubah menjadi amonia (NH_3) atau teroksidasi menjadi nitrit (Sugiharto, 1987, p.34). Berikut ini merupakan tabel karakteristik dari air limbah domestik :

Tabel 2.1
Karakteristik Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata
1	BOD	mg/l	31,52	675,33	353,43
2	COD	mg/l	46,62	1183,4	615,01

Lanjutan Tabel 2.1. Karakteristik Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata
3	Angka Permanganat (KmnO ₄)	mg/l	69,84	739,56	404,7
4	Amoniak (NH ₃)	mg/l	10,79	158,73	84,76
5	Nitrit	mg/l	0,013	0,274	0,1435
6	Nitrat	mg/l	2,25	8,91	5,58
7	Klorida	mg/l	29,74	103,73	66,735
8	Sulfat	mg/l	81,3	120,6	100,96
9	pH	mg/l	4,92	8,99	6,96
10	Zat padat tersuspensi (SS)	mg/l	27,5	211	119,25
11	Deterjen	mg/l	1,66	9,79	5,725
12	Minyak/Lemak	mg/l	1	125	63
13	Cadmium (Cd)	mg/l	ttd	0,016	0,008
14	Timbal (Pb)	mg/l	0,002	0,04	0,021
15	Tembaga (Cu)	mg/l	ttd	0,49	0,245
16	Besi (Fe)	mg/l	0,19	70	35,1
17	Warna	Pt-Co	31	150	76
18	Phenol	mg/l	0,04	0,63	0,335

Sumber : Idaman (2008, p.55)

2.2.3. Sifat Biologis Air Limbah

Kandungan biologis pada air limbah sebagian besar berupa protista dan virus yang banyak bersumber dari air limbah rumah tangga selain binatang dan tumbuh-tumbuhan yang dapat muncul pada saluran terbuka dan bangunan pengolah. Protista digolongkan berdasarkan hewan bersel satu yang mempunyai kemampuan hidup sendiri dan dapat membelah menjadi sel-sel baru untuk berkembangbiak. Virus tergolong atas dua yaitu sel dan juga nonsel, kandungan biologis diperlukan untuk mengestimasi tingkat kotoran air limbah sebelum dialirkan ke badan sungai. Dalam air limbah banyak terdapat bakteri patogen dan air limbah dapat menjadi media penular berbagai penyakit terhadap kesehatan manusia, biasanya untuk mendapatkan kualitas pengolahan tertentu, akan digunakan

desinfektan atau pembunuh kuman untuk menghilangkan bakteri patogen. Komponen biologis pada air limbah terdiri dari bakteri, jamur, ganggang, protozoa, rotifera, krustacea dan virus (Sugiharto, 2008, p.35).

2.3. Sumber Asal Air Limbah

Data tentang asal dari mana air limbah dihasilkan digunakan untuk memperkirakan besarnya debit rata-rata air limbah yang keluar dari berbagai macam kegiatan mulai dari pemukiman, industri, dan aliaran air tanah pada daerah sekitar. Semua itu dihitung perkembangannya sebelum merencanakan desain fasilitas sistem pengolahan air limbah serta untuk perencanaan saluran pembawa (Sugiharto, 2008, p.10).

2.3.1. Air Limbah Rumah Tangga

Sumber asal dari air limbah rumah tangga yaitu dari aktivitas penduduk di pemukiman, daerah perdagangan dan sumber-sumber lain seperti perkantoran atau instansi, serta tempat hiburan atau pariwisata. Untuk tempat tertentu besarnya debit air limbah dapat diukur secara langsung (Sugiharto, 2008, p.10). Umumnya besarnya air limbah rumah tangga di suatu daerah sekitar 60-70% dari keseluruhan air yang disalurkan ke daerah itu. Jadi besarnya air limbah rumah tangga bisa diperkirakan jika penggunaan jumlah air pada suatu daerah tertentu diketahui (Linsley & Ray K, 1991, p.244). Berikut merupakan sumber asal dari air limbah rumah tangga

- Daerah Perumahan

Untuk menghitung air limbah pada daerah perumahan yang kecil umumnya diperhitungkan melalui kepadatan penduduk dan rata-rata per orang dalam membuang air limbah. Adapaun pada daerah perumahan yang luas maka faktor yang diperhatikan untuk menghitung besarnya aliran air limbah adalah dasar penggunaan daerah, kepadatan penduduk, serta keberadaan tempat industri.

- Daerah Perniagaan

Aliran air limbah yang bersumber dari tempat perniagaan pada umumnya dihitung dalam meter kubik per hektar/hari didasarkan pada data perbandingan. Variasi untuk data aliran air limbah antara 4 – 1.500 liter/hari.

- Daerah Kelembagaan

Seperti halnya sumber limbah lainnya, maka daerah yang terdiri dari lembaga-lembaga pemerintah juga memiliki sifat-sifat yang agak berlawanan.

- Daerah Rekreasi

Jumlah aliran masuk yang berasal dari daerah rekreasi perlu juga diperhatikan bagi daerah yang arealnya terdapat daerah rekreasi (Sugiharto, 1987, p.10).

Pada tabel berikut diuraikan debit rata-rata per orang dalam membuang air limbah berdasarkan kegunaan gedung.

Tabel 2.2
Rata-rata Aliran Air Limbah Berdasarkan Penggunaan Gedung

No	Peruntukan Bangunan	Pemakaian	Satuan
		Air	
1	Rumah Mewah	250	Liter/penghuni/hari
2	Rumah Biasa	150	Liter/penghuni/hari
3	Apartemen	250	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Susun	100	Liter/penghuni/hari
5	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
6	Klinik/Puskesmas	3	Liter/pengunjung/hari
7	Rumah sakit mewah	1000	Lt/jmlh tempat tidur/hari
	Rumah sakit menengah	750	Lt/jmlh tempat tidur/hari
	Rumah sakit umum	425	Lt/jmlh tempat tidur/hari
8	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
9	SLTP	50	Liter/siswa/hari
10	SLTA	80	Liter/siswa/hari
11	Perguruan Tinggi	80	Liter/mahasiswa/hari
12	Rumah Toko	100	Lt/penghuni/hari
13	Gedung Kantor	50	Liter/pegawai/hari
14	Toserba	5	Liter/m ² luas lantai/hari
15	Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
16	Stasiun/Terminal	3	Lt/jmlh penumpang/hari

Lanjutan Tabel 2.2 Rata-rata Aliran Air Limbah Berdasarkan Penggunaan Gedung

No	Peruntukan Bangunan	Pemakaian Air	Satuan
17	Bandar udara	3	Lt/jmlh penumpang/hari
18	Restoran	15	Liter/kursi/hari
19	Gedung Pertunjukan	10	Liter/kursi/hari
20	Gedung Bioskop	10	Liter/kursi/hari
21	Hotel melati s/d bintang 2	150	Liter/tempat tidur/hari
22	Hotel bintang 3 ke atas	250	Liter/tempat tidur/hari
23	Gedung peribadatan	5	Liter/orang/hari
24	Perpustakaan	25	Lt/ pengunjung/hari
25	Bar	30	Lt/ pengunjung/hari
26	Perkumpulan sosial	30	Lt/ pengunjung/hari
27	Klub malam	235	Liter/kursi/hari
28	Gedung pertemuan	25	Liter/kursi/hari
29	Laboratorium	150	Liter/staf/hari
30	Pasar Tradisional/Modern	40	Liter/kios/hari

Sumber : Idaman, (2006, p.196)

2.3.2. Air Limbah Industri

Besarnya debit air limbah yang bersumber dari industri sangat bermacam-macam hal itu dipengaruhi oleh jenis dan ukuran industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman. Perkiraan debit air limbah yang berasal dari tempat industri tanpa melalui proses basah diperkirakan sekitar 50 m³/ha/hari. Sebagai acuan dapat menggunakan nilai sekitar 85-95% dari jumlah air yang digunakan pelaku industri untuk memperkirakan jumlah air limbah. Jika industri tersebut menggunakan air limbahnya kembali maka jumlahnya akan lebih kecil (Sugiharto, 1987, p.13). Untuk mengetahui banyaknya penggunaan air untuk berbagai jenis industri dapat dilihat pada tabel 2.3. berikut.

Tabel 2.3.
Rata-rata Penggunaan Air untuk Berbagai Jenis Industri

No	Jenis Industri	Rata-rata aliran (m ³)
1	Industri Kalengan	
	Sayur hijau	50-70
	Buah-buahan	15-20
	Selain buah-buahan dan sayuran	4-35
2	Industri bahan kimia	
	Amoniak	100-130
	Karbon-dioksida (CO ₂)	60-90
	Bensin	7-30
	Laktosa	600-800
	Sulfat	8-10
3	Roti	2-4
	Pengepakan daging	15-20
	Produksi susu	10-20
	Minuman keras	60-80
4	Buabur kayu dan kertas	
	Bubur kayu	250-800
	Pabrik kertas	120-160
5	Tekstil – Pengelantangan	200-300
	- Pencelupan	30-60

Sumber : Metcalf & Eddy, (1979)

2.3.3. Air Limbah Rembesan dan Tambahan

Jika suatu wilayah mengalami hujan, maka air yang turun secara cepat akan mengalir menuju ke saluran drainase atau saluran air hujan. Apabila air hujan tidak mampu ditampung lagi oleh saluran ini, maka air akan melimpas dan bergabung dengan saluran air limbah yang ada, dengan demikian hal ini akan menjadi tambahan yang sangat besar bagi saluran air limbah. Oleh karena untuk memperhitungkan banyaknya air hujan atau saluran pengering dan saluran air limbah maka diperlukan data tentang curah hujan.

Air hujan tidak hanya masuk melalui limpahan, terdapat juga air hujan yang menguap, diserap oleh tumbuh-tumbuhan maupun merembes ke dalam tanah. Air ini akan masuk ke dalam tanah yang akhirnya menjadi air tanah. Apabila permukaan air tanah tersebut meningkat maka akan bertemu dengan saluran air limbah, air tanah tersebut akan masuk ke saluran air limbah melalui celah sambungan pipa atau melalui celah-celah lain yang ada akibat kerusakan pipa atau saluran. Besarnya aliran ini diperkirakan sebesar 0,0094 sampai 0,94 m³ setiap diameter (mm) setiap km. Dengan demikian, jumlah tambahan air yang masuk ke dalam aliran air limbah sebanyak 0,0094 sampai 0,94 m³ dikalikan dengan diameter pipa (mm) dikalikan lagi dengan panjangnya pipa (km) dan dihasilkan jumlah air limbah dalam satuan m³ (Sugiharto, 2008, p.13).

2.4. Ambang Batas Pencemar

Setelah melewati sistem pengolahan kemudian dialirkan menuju ke badan air, seperti danau atau sungai. Beberapa badan air tersebut mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam menampung air buangan berdasarkan peruntukannya yang juga disebut ambang batas pencemar. Standar baku mutu air limbah merupakan nilai atau besarnya ambang batas pencemar berdasarkan regulasi. Dalam hal ini digunakan peraturan dari pemerintah yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No 68 Tahun 2016. Adapun syarat dari pembuangan air limbah adalah :

- a. Tidak melampaui syarat baku mutu air limbah yang ditetapkan
- b. Tidak mengakibatkan menurunnya golongan air menurut peruntukannya tempat air limbah tersebut dibuang.

Baku mutu air limbah digolongkan berdasarkan tempat pembuangannya dan menurut kegunaannya. Menurut tempat pembuangannya, baku mutu air limbah digolongkan menjadi empat golongan yaitu (Suratmo, F Gunawan, 1991)

1. Air limbah golongan I
Adalah limbah yang dibuang ke dalam air golongan B
2. Air limbah golongan II

Adalah limbah yang dibuang ke dalam air golongan C

3. Air limbah golongan III

Adalah limbah yang dibuang ke dalam air golongan D

4. Air limbah golongan IV

Adalah limbah yang dibuang ke dalam air golongan E

Adapun baku mutu menurut peruntukannya dibagi menjadi lima golongan yaitu (Suratmo & F Gunawan, 1991)

1. Baku mutu air golongan A

Yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

2. Baku mutu air golongan B

Yaitu air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah menjadi air minum dan keperluan rumah tangga lainnya.

3. Baku mutu air golongan C

Yaitu air pada sumber air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan

4. Baku mutu air golongan D

Yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri dan listrik tenaga air.

5. Baku mutu air golongan E

Yaitu air yang tidak dapat digunakan untuk keperluan tersebut pada peruntukan air golongan A, B, C dan D

2.5. Mekanisme Pembusukan atau Penguraian Bahan Organik

Bahan Organik dalam air limbah dapat berupa zat tersuspensi maupun zat terlarut. Bahan organik ini tidak stabil dalam arti ia akan segera membusuk atau terurai akibat adanya bakteri dan daya kimia. Bakteri yang ada di dalam air limbah memakai oksigen sebagai proses oksidasi bahan organik tersebut untuk menjadi hasil-hasil akhir yang stabil dan dapat diterima seperti nitrat, karbondioksida dan hidrogenoksida.

Proses oksidasi bahan organik terlarut dalam air limbah terjadi di dalam sel bakteri. Setiap sel bakteri mempunyai dinding yang mengandung polisakarida yang sangat efektif dalam menyerap bahan organik. Bahan organik yang diserap akan dioksidasi di dalam tubuh sel menurut tiga reaksi berlangsung secara simultan (Wesley, 1966)

a. Metabolisme sel

b. Proses ini penting untuk menghasilkan energi yang digunakan untuk menjaga kelangsungan hidupnya. Proses kimianya adalah

$\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{bakteri} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energi} + \text{zat terlarut yang tak dapat diuraikan secara biologis.}$

c. Multiplikasi Sel

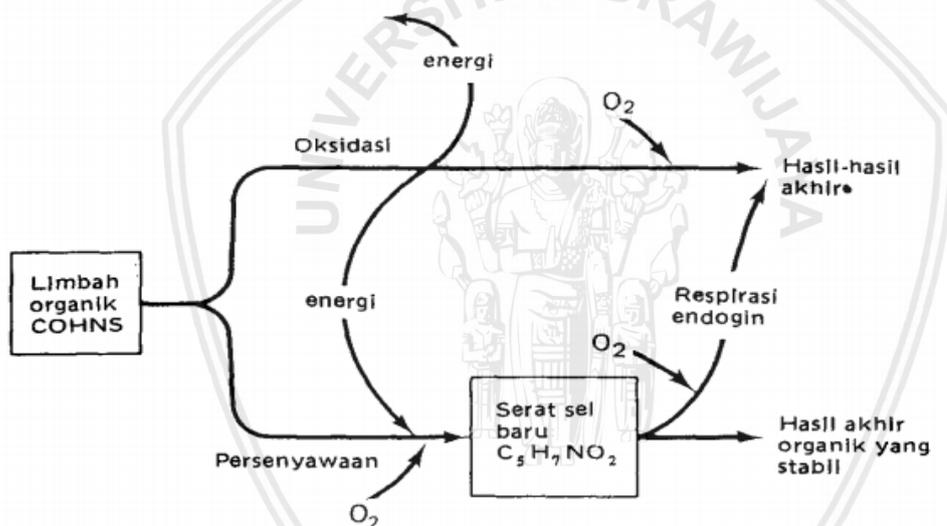
Sebagian bahan organik setelah dikonsumsi mikroorganisme sebagai makanan akan digunakan untuk sintesa (membentuk) sel baru.

$\text{C}(\text{CH}_2\text{O}) + \text{O}_2 + \text{NH}_2 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + \text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

d. Respirasi endogen

$\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 5\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$

Proses tersebut dapat ditunjukkan dalam gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Bagan proses biologis aerobik bahan organik dalam limbah
Sumber : Linsley, (1986, p.252)

Pertumbuhan sel yang diharapkan dalam pengelolaan limbah adalah reaksi 1 dan 2 sedangkan reaksi 3 adalah reaksi yang terjadi pada sel mati sehingga jumlah bakteri berkurang. Oksigen yang dikonsumsi akan sebanding dengan keaktifan bakteri sedangkan keaktifan bakteri sebanding dengan bahan organik yang terdapat dalam air limbah.

Apabila belum dilakukan pengolahan bahan organik dan dibuang ke sungai, maka oksigen yang terlarut di dalam air akan digunakan oleh bakteri untuk proses pembusukan atau penguraian bahan organik tersebut. Pemberian oksigen harus sesuai kebutuhan, jika tidak maka oksigen yang terlarut dapat turun mencapai titik nol, kurangnya oksigen menyebabkan terganggunya kehidupan di dalam air. Untuk mengetahui kebutuhan oksigen

yang digunakan sebagai pengurai bahan organik di dalam air limbah dipakai satuan BOD. Besar angka BOD dapat menunjukkan derajat pengotoran air limbah.

Selain itu bila tidak terdapat oksigen maka akan terjadi pembusukan secara anaerobik. Bakteri anaerobik akan mengubah bahan organik menjadi karbondioksida, metan, hidrogen sulfida. Sebagian dari bahan-bahan ini dilepaskan ke udara dan menyebabkan bau yang menyengat.

2.6. Metode Pengolahan Air Limbah

Pada umumnya maksud dari pengolahan air limbah yaitu mereduksi BOD, partikel tercampur, serta membasmi organisme patogen, disamping itu tambahan pengolahan juga diperlukan untuk meniadakan bahan nutrisi, bahan beracun, serta bahan yang tidak bisa dikurangi keberadaannya supaya konsentrasi bahan tersebut rendah (Sugiharo, 2008, p.95).

Cara untuk mengelola air limbah berbeda-beda hal itu tergantung pada sifat dan kandungan limbah serta rencana pembuangan olahan limbah secara permanen, berikut merupakan pengelompokan untuk masing-masing proses pengolahan limbah (Aryowarddhana, 1995, p.168) :

- Pengolahan awal (*primary waste treatment*)
Pengolahan awal bertujuan memisahkan bahan buangan organik dengan bahan buangan anorganik dan bahan buangan yang bisa didaur ulang dengan bahan buangan yang tidak bisa didaur ulang. Pada proses ini semua bahan buangan air limbah ditampung dulu pada suatu bak besar dan dibiarkan untuk beberapa lama sehingga sebagian kotoran akan mengendap atau mengapung sehingga dapat dipisahkan.
- Pengolahan lanjutan (*secondary waste treatment*)
Pengolahan lanjutan berguna sebagai tempat pengurangan kandungan bahan buangan utamanya bahan-bahan organik, pada proses ini terdapat campur tangan dari mikroorganisme. Disamping itu pada tahap ini terdapat penambahan oksigen yang biasanya disuplai melalui *blower*, hal ini bertujuan agar BOD tercukupi sehingga mikroorganisme terbantu dalam proses penguraian.
- Pengolahan akhir (*advance waste treatment*)
Fungsi pengolahan akhir adalah sebagai tempat pengurangan bahan-bahan kimia berbahaya yang terkandung. Untuk menyerap bahan berbahaya tersebut umumnya memakai karbon aktif.

Sementara itu menurut Sugiharto (2008), pengolahan air limbah dikelompokkan menjadi 6 tingkatan perlakuan yaitu ; (1) Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*),

(2) Pengolahan pertama (*primary treatment*), (3) Pengolahan kedua (*secondary treatment*), (4) Pengolahan ketiga (*teritary treatment*), (5) Pembunuhan kuman (*desinfeksi*), (6) Pembuangan lanjutan (*ultimate disposal*). Semua tingkatan tidak harus dilakukan sebab pilihan kegiatan perlakuan tetap bergantung pada kondisi limbah, sedangkan kondisi limbah dapat diketahui dari laboratorium. Kondisi limbah sangat bergantung pada sifat dan kandungan limbah. Sebelum mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dilakukan proses pembersihan supaya proses selanjutnya cepat dan lancar, proses pembersihan terdiri dari pengangkutan item yang mengapung yaitu lemak dan item yang mengendap seperti pasir (Sugiharto, 2008, p.96).

2.7. Teknologi Pengolahan Limbah Biologis

Terdapat banyak macam dan ragam tentang teknologi pengolahan air limbah, masing-masing limbah mempunyai kekhususan dalam teknologi, tergantung tipe limbah yang akan diolah dan tingkat kesulitan dalam pengolahan pun berbeda. Untuk menentukan proses pengolahan limbah mana yang dipakai, berapa lama waktu pengolahan yang diperlukan, bahan dan energi yang dipergunakan, besarnya anggaran pembangunan dan operasi yang dibutuhkan, maka karakteristik air limbah harus diketahui. Agar biaya pembuatan sarana pengolahan limbah lebih efisien, maka dibutuhkan referensi teknologi pengolah limbah.

Pengolahan air buangan secara biologi tidak hanya bertujuan untuk mereduksi zat-zat organik yang terlarut ataupun yang koloid tetapi zat organik yang tersuspensi juga bisa disisihkan dalam proses ini. Bahan organik tersebut nantinya dikonversi menjadi masa mikroorganisme (biomassa), karena sifatnya, biomassa ini akan mengalami yang namanya bioflokulasi yang dapat dipisahkan dengan endapan.

Tujuan pengolahan limbah biologi adalah mengubah molekul organik yang kompleks menjadi produk yang lebih sederhana dan biomassa dengan menggunakan mikroorganisme. Oleh karena itu perlakuan khusus seperti kontrol terhadap parameter yang diperlukan dalam pengolahan limbah biologi perlu dilakukan supaya keseimbangan pertumbuhan mikroorganisme terjaga. Pengolahan secara biologi banyak diterapkan karena merupakan pengolahan yang murah, efisien dan lebih ramah lingkungan (Asmadi, 2012, p. 92).

Sementara itu menurut Metcalf & Eddy tujuan dari pengolahan biologis air limbah domestik adalah untuk :

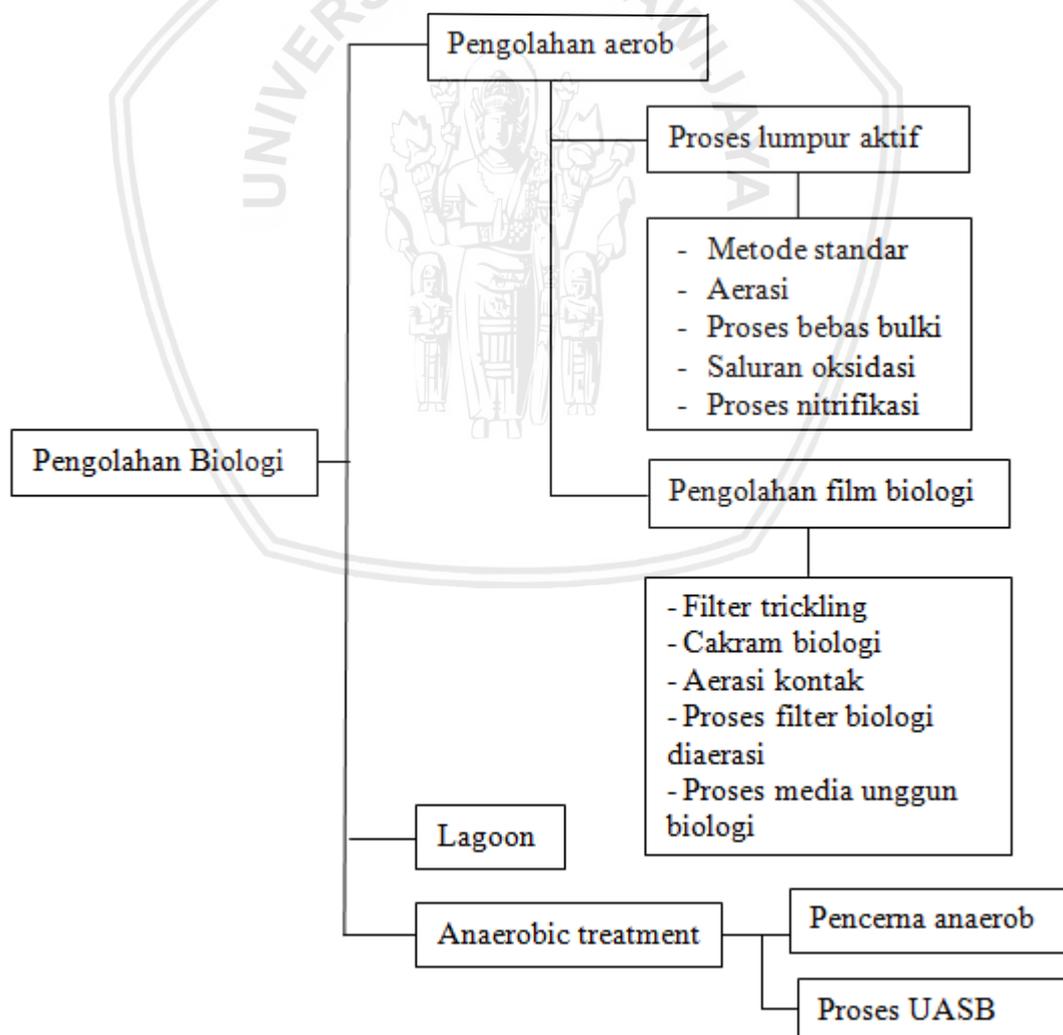
- Mengubah (dengan kata lain, mengoksidasi) konstituen *biodegradable* terlarut dan partikulat menjadi produk akhir yang dapat diterima

- Menangkap dan menggabungkan padatan koloid tersuspensi dan *nonsettleable* menjadi flok biologis atau bofilm
- Mengubah atau menghilangkan nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor
- Dalam beberapa kasus menghilangkan konstituen dan senyawa kecil organik tertentu. (Metcalf & Eddy, 2004).

Pada dasarnya pengolahan secara biologi dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu :

- Reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*)
- Reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*)

Proses pengolahan air limbah tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi (Idaman, 2005, p.72).



Gambar 2.3. Skema Diagram Pengolahan Air Limbah Secara Biologis

Sumber : Asmadi (2012, p.93)

2.7.1. Pengolahan Air Limbah Secara Aerobik

Sistem pengolahan limbah dengan cara biologi dapat digolongkan ke dalam cara aerobik dan anaerobik dan keduanya dapat dengan sistem pertumbuhan tersuspensi ataupun terlekat atau kombinasi keduanya. Pengolahan limbah secara biologis digunakan untuk menghilangkan bahan organik terlarut pada air limbah. Bahan organik yang ada akan hilang secara alami karena kehadiran dari mikroorganisme yang diterima oleh badan air.

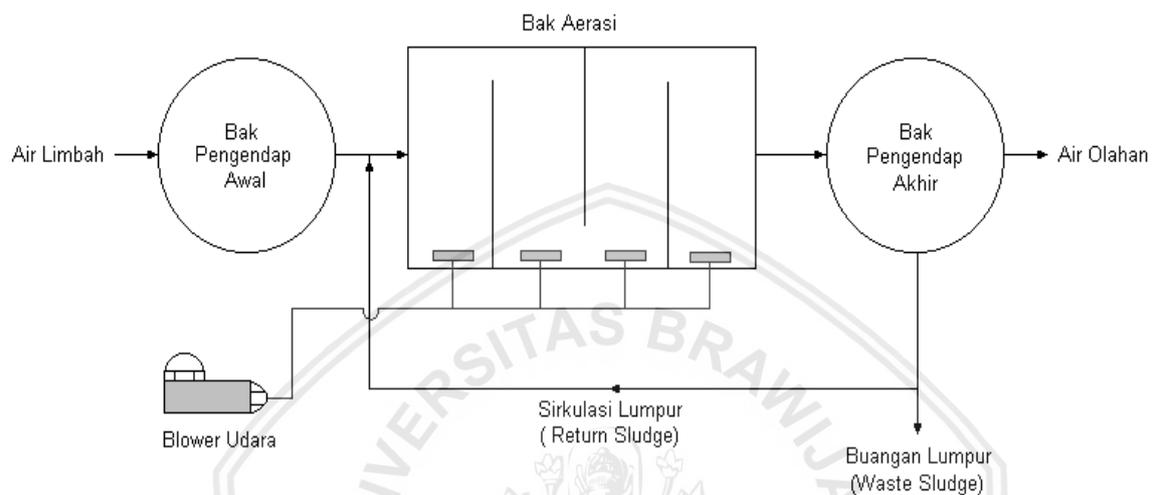
Faktor bakteri adalah yang paling penting pada proses pengolahan limbah secara aerobik. Mikroorganisme adalah faktor yang penting dalam menghasilkan oksigen ketika DO (dissolved oxygen) tidak terdapat pada air limbah oleh karena itu umumnya proses pengolahan ini dilakukan pada kadar DO yang rendah. (Ronald L & Droste, 1997, p.547).

a. Pengolahan Air Limbah Sistem Lumpur Aktif

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan biakan tersuspensi telah digunakan secara luas untuk pengolahan air limbah domestik. Proses ini secara prinsip merupakan proses aerobik dimana senyawa organik dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 dan sel biomassa baru. Sistem pengolahan air limbah dengan biakan tersuspensi yang paling umum yakni proses pengolahan dengan sistem lumpur aktif (activated sludge process). Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif konvensional secara umum terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi dan bak pengendap akhir, serta bak klorinasi untuk membunuh bakteri patogen (Asmadi, 2012, p.102).

Sistem *treatment* dengan proses lumpur aktif konvensional atau standar tanpa modifikasi umumnya memang terdiri dari bak pengendap awal, bak aerasi dan bak pengendap akhir, serta bak klorin sebagai tambahan untuk menghilangkan bakteri patogen. Urutan proses pengolahannya adalah sebagai berikut, air limbah ditampung ke dalam bak penampung air limbah atau bak ekualisasi, yang berfungsi untuk mengatur debit dan menghomogenkan air limbah yang, sebelumnya dilengkapi juga dengan *bar screen* untuk menyaring sampah-sampah padat. Kemudian, air limbah yang terkumpul di bak ekualisasi di pompa menuju bak pengendap awal, bak pengendap awal memiliki fungsi sebagai pengendap padatan tersuspensi (*Suspended Solids*) sekitar 30 - 40 %, serta BOD sekitar 25 %. Air limpasan dari bak pengendap awal diarahkan menuju ke bak aerasi secara gravitasi. Di dalam bak aerasi ini air limbah mengalami penambahan oksigen dengan cara dihembus oleh blower, tambahan oksigen akan dipakai mikroorganisme yang ada untuk menguraikan zat organik pada air limbah. Setelah bak aerasi, air dilimpaskan menuju bak pengendap akhir. Tujuan bak ini adalah untuk mendapatkan lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme, lumpur tersebut kemudian sebagian dipompa

kembali menuju saluran masuk bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Air limpasan (*over flow*) dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorin. Pada bak ini air limbah diberikan senyawa khlor yang berfungsi sebagai pembasmi mikroorganismenya patogen. Dengan pengolahan jenis ini, diperkirakan dapat mengurangi BOD dari 250 -300 mg/l menjadi 20 -30 mg/l (Idaman, 2005, p.76). Berikut merupakan diagram pengolahan *active sludge* :



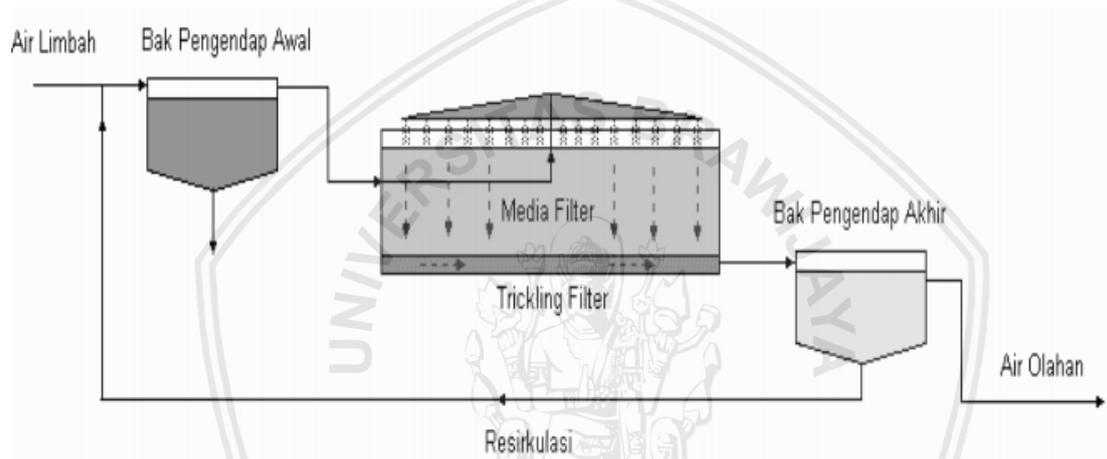
Gambar 2.4. Diagram Proses Pengolahan Lumpur Aktif Konvensional
Sumber : Idaman (2005, p.87)

Selain sistem lumpur aktif konvensional, ada beberapa modifikasi dari proses lumpur aktif yang banyak digunakan di lapangan yakni antara lain sistem aerasi berlanjut (*extended aeration system*), Sistem aerasi bertahap (*step aeration*), Sistem aerasi berjenjang (*tapered aeration*), sistem stabilisasi kontak (*contact stabilization system*), Sistem oksidasi parit (*oxydation ditch*), Sistem lumpur aktif kecepatan tinggi (*high rate activated sludge*), dan sistem lumpur aktif dengan oksigen murni (*pure-oxygen activated sludge*). Beberapa pertimbangan untuk pemilihan proses tersebut antara lain : jumlah air limbah yang akan diolah, beban organik, kualitas air olahan yang diharapkan, lahan yang diperlukan serta kemudahan operasi dan lainnya.

Aplikasi untuk sistem lumpur aktif ini bisa dipakai untuk hampir semua tipe limbah cair industri pangan, seperti industri tapioka, industri kecap, maupun industri tahu. Karena bahan organik dan nutrien mampu dieliminasi menggunakan sistem lumpur aktif ini. Parameter utama yang perlu diperhatikan dalam sistem ini ialah tingkat pembebanan, konsentrasi biomassa, konsentrasi oksigen terlarut, lamanya aerasi, umur lumpur dan suplai oksigen (Asmadi, 2012, p.105).

b. *Tricking Filter*

Tricking filter terdiri dari tumpukan media padat dengan ketebalan kurang lebih 2 m, biasanya berbentuk silinder. Cara kerjanya yaitu limbah cair disebarkan dari atas permukaan media dengan lengan distributor berputar dan air kemudian mengalir ke bawah melalui lapisan media. Polutan dalam limbah cair yang mengalir melalui permukaan media padat akan terabsorb oleh mikroorganisme, mikroorganisme ini telah tumbuh dan berkembang pada media padat tersebut sebelumnya. Jika sudah tercapai ketebalan tertentu, lapisan biomassa akan hanyut oleh aliran limbah cair ke bawah. Limbah cair yang terletak di bawah dikirim ke tangki sedimentasi untuk pengendapan agar biomassa terpisah (Asmadi, 2012, p.124). Dibawah ini merupakan diagram proses pengolahan *Tricking filter*.



Gambar 2.5. Diagram proses pengolahan sistem *Tricking filter*
Sumber : Idaman (2005, p.93)

Secara rinci prosesnya yaitu air limbah dialirkan ke dalam bak pengendapan awal untuk mengendapkan padatan tersuspensi (*suspended solids*), kemudian air limbah disebarkan ke bak *trickling filter* melalui pipa berlubang yang berputar di atas media filter, Setelah itu menuju bak pengendap akhir. Dengan cara ini maka terdapat zona basah dan kering secara bergantian sehingga terjadi transfer oksigen ke dalam air limbah. Ketika air limbah dialirkan dengan cara disebar ke media *trickling filter* otomatis akan mengalami kontak dengan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media, dan mikroorganisme inilah yang berfungsi untuk penguraian senyawa polutan yang ada di dalam air limbah. Air limbah yang masuk ke dalam bak *trickling filter* selanjutnya akan keluar melalui pipa *under-drain* yang ada di dasar bak dan keluar melalui saluran efluen. Dari saluran efluen dialirkan ke bak pengendapan akhir dan air limpasan dari bak pengendapan akhir adalah merupakan air olahan (Idaman ,2005, p.93).

Hampir semua jenis limbah industri pangan yang dapat diolah dengan lumpur aktif

dapat juga diolah dengan *Tricking filter* ini. Kelebihan *Tricking filter* ini simple, cocok untuk area pengolahan yang tidak tersedia ruang besar, cocok untuk komunitas kecil-sedang dan sistem *on-site*, relatif hemat energi serta tidak membutuhkan tenaga ahli. Sementara kekurangan sistem ini yaitu kemungkinan masih perlu pengolahan agar kualitas efluen standar, timbulan lumpur masih harus diolah lagi dan dibuang, perlu pemeriksaan teratur, dan sering timbul lalat serta bau busuk yang berasal dari reaktor (Asmadi, 2012, p.127).

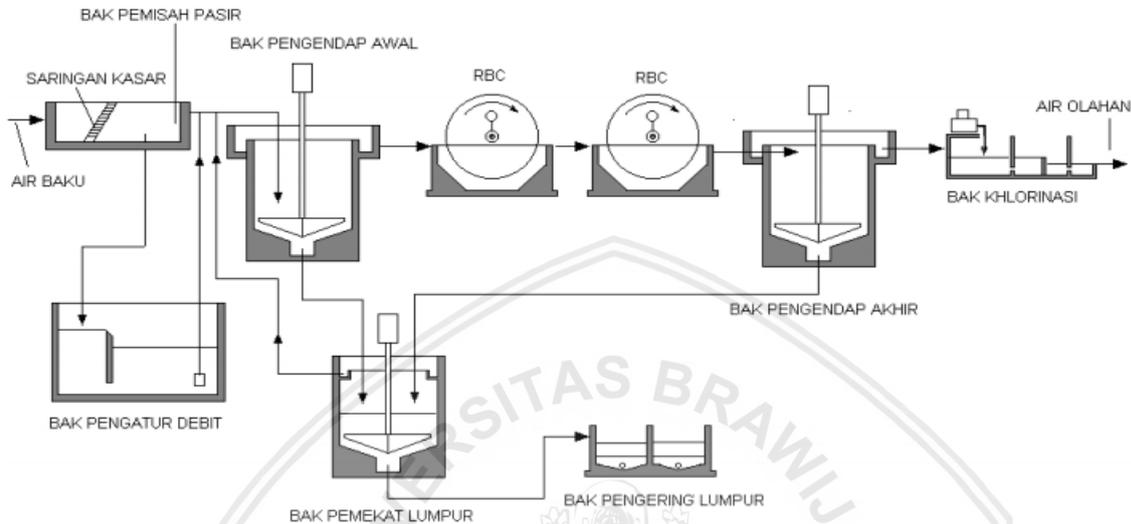
c. Rotating Biological Contactor (RBC)

Secara umum proses pengolahan RBC ini memiliki sistem yang terdiri dari sejumlah piringan yang dipasang pada as horisontal dengan jarak kurang lebih 4 cm. Ada bagian piringan yang berada dalam limbah cair dan sebagian lagi kontak dengan udara. Cakram tersebut terus berputar sehingga bagian-bagian cakram akan kontak dengan limbah cair secara bergantian, demikian juga bagian lainnya akan kontak dengan udara. Dengan proses itu mikroorganisme akan tumbuh pada permukaan cakram sebagai lapisan biologis dan mengabsorpsi bahan organik dalam limbah cair (Asmadi, 2012, p.130).

Dengan cara seperti ini mikro-organisme misalnya bakteri, alga, protozoa, fungi, dan lainnya tumbuh melekat pada permukaan media yang berputar tersebut membentuk suatu lapisan yang terdiri dari mikro-organisme yang disebut biofilm (lapisan biologis). Mikro-organisme akan menguraikan atau mengambil senyawa organik yang ada dalam air serta mengambil oksigen yang larut dalam air atau dari udara untuk proses metabolismenya, sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah berkurang.

Proses-proses yang terjadi pada pengolahan RBC yaitu, pada saat biofilm yang melekat pada media yang berupa cakram atau piringan tipis tersebut berputar dan tercelup kedalam air limbah, mikro-organisme menyerap senyawa organik yang ada dalam air limbah yang mengalir pada permukaan biofilm, kemudian saat biofilm mengalami kontak dengan udara, mikroorganisme menyerap oksigen dari udara atau oksigen yang terlarut dalam air yang berguna dalam penguraian senyawa organik. Pada proses penguraian senyawa organik tersebut akan menghasilkan energi, energi inilah yang berguna bagi mikroorganisme sebagai proses berkembang biak atau metabolisme. Senyawa hasil proses metabolisme mikroorganisme tersebut akan lepas dari biofilm dan hanyut bersama aliran air dan yang berupa gas menguap ke udara melewati celah-celah yang ada pada mediumnya, sementara itu untuk padatan tersuspensi (SS) tetap tertahan pada permukaan lapisan biologis (biofilm) yang kemudian terurai menjadi bentuk yang larut dalam air. Pertumbuhan mikroorganisme atau biofilm tersebut makin lama semakin tebal,

sampai akhirnya karena gaya beratnya sebagian akan mengelupas dari mediumnya dan terbawa aliran air keluar. Setelah mikroorganisme atau biofilm tersebut luruh dan lepas dari medianya, akan tumbuh lagi mikroorganisme pada permukaan medium dengan sendirinya sampai terjadi kesetimbangan sesuai dengan kandungan senyawa organik yang ada dalam air limbah (Idaman, 2005, p.96).



Gambar 2.6. Diagram Pengolahan Limbah Sistem RBC
Sumber: Idaman (2005, p.97)

Secara garis besar proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari bak pemisah pasir, bak pengendap awal, bak kontrol aliran reaktor/kontraktor biologis putar (RBC), bak pengendap akhir, bak khlorinasi, serta unit pengolahan lumpur.

Untuk kelebihan dari pengolahan air limbah jenis RBC adalah :

- Pengoperasian alat serta perawatannya mudah.
- Untuk kapasitas kecil atau paket, dibandingkan dengan proses lumpur aktif konsumsi energi lebih rendah.
- Dapat dipasang beberapa tahap (*multi stage*), sehingga tahan terhadap fluktuasi beban pengolahan.
- Reaksi nitrifikasi lebih mudah terjadi, sehingga efisiensi penghilangan ammonium lebih besar.
- Tidak terjadi *bulking* ataupun buih (*foam*) seperti pada proses lumpur aktif.

Sementara itu kelemahan dari sistem ini adalah :

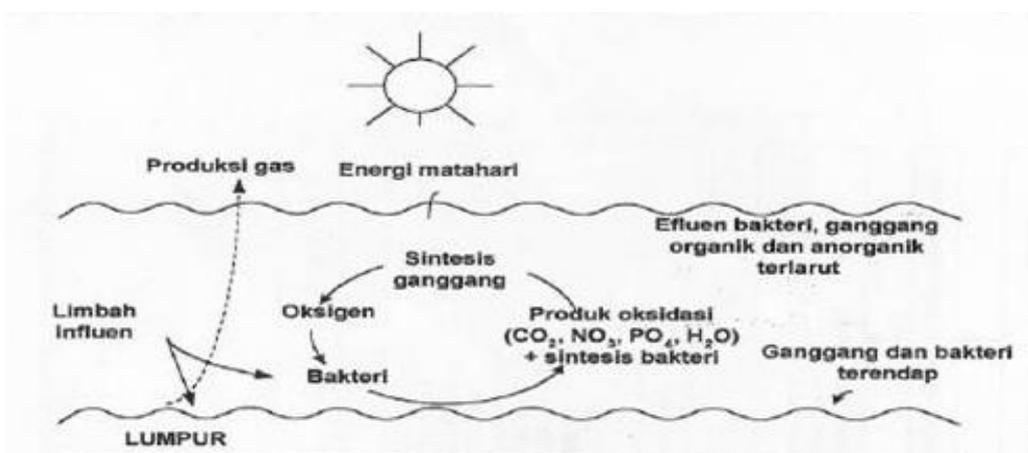
- Sulit melakukan kontrol terhadap jumlah mikroorganisme.
- Sensitif terhadap perubahan temperatur.
- Terkadang pada air olahan masih terdapat BOD yang tinggi.
- Dapat menimbulkan pertumbuhan cacing rambut, dan terkadang muncul bau busuk.

d. Sistem Kolam (Kolam Oksidasi)

Pengolahan dengan sistem kolam (pola sistem) atau biasa disebut sebagai kolam oksidasi adalah sistem pengolahan limbah cair yang telah lama ada, dan merupakan penyempurnaan dari cara pembuangan limbah cair secara langsung ke badan air. Pada sistem kolam, konsentrasi mikroorganisme relatif kecil, untuk penambahan oksigen dan pengadukan dibiarkan secara alami, hal ini mengakibatkan proses penguraian bahan organik membutuhkan waktu yang banyak dan memerlukan area yang besar. Pada proses perombakan ada berbagai jenis mikroorganisme yang berperan, tidak hanya mikroorganisme aerobik tetapi juga mikroorganisme anaerobik. Komposisi organisme sangat tergantung pada suhu yang ada, tambahan oksigen, intensitas matahari, jenis dan konsentrasi substrat.

Berbagai jenis mikroorgaisme berperan dalam proses perombakan, tidak terbatas mikroorganisme aerobik namun juga anaerobik. Organisme heterotof aerobik dan aerobik berperan dalam proses konversi bahan organik, organisme autotrof mengambil bahan-bahan anorganik melalui proses fotosintesis. Karena lamanya waktu tinggal limbah cair maka dengan waktu generasi tinggi juga dapat tumbuh dan berkembang dalam sistem kolam. Organisme tersebut aktif dialam air maupun dasar kolam. Komposisi organisme sangat tergantung pada temperatur, suplai oksigen, sinar matahari, jenis dan konsentrasi substrat.

Karena peralatan mekanis tidak diperlukan dalam sistem ini, maka sistem kolam oksidasi ini adalah sistem pengolahan yang sederhana, mudah dioperasikan dan biaya yang diperlukan pun tidak besar. Pada daerah yang memiliki lahan yang cukup dan konsentrasi bahan organik yang rendah maka cocok untuk menerapkan sistem ini (Asmadi, 2012, p.146).



Gambar 2.7. Skema interaksi biologis kolam oksidasi

Sumber: <http://maribelajartentanglingkungan.blogspot.com/> (diakses 8 Agustus 2017)

2.7.2. Pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik

Pengolahan limbah cair sistem anaerob adalah pengolahan yang tidak menggunakan oksigen di dalam prosesnya. Tidak adanya oksigen yang digunakan menyebabkan tidak ada reduksi untuk COD, penghilangan COD dilakukan dengan perubahan bahan organik menjadi metana dan gas lainnya (Ronald L. Droste, 1997:623).

Salah satu perkembangan dari teknologi proses pengolahan secara anaerob adalah *Upflow Anaerobic Blanket Reactor (UASB)*, prinsip dari anaerobic sludge blanket process meliputi, proses UASB dan modifikasi proses UASB, *anaerobic baffled reactor (ABR)* dan *anaerobic migrating blanket reactor (AMBR)*.

Pemilihan pengolahan air limbah dengan menggunakan sistem anaerobik didasarkan pada kelebihan dan kekurangan dari sistem ini untuk mengatasi limbah cair yang bersifat organik. Kelebihan dan kekurangan dari sistem anaerobik yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.4.

Keuntungan dan Kerugian dari Proses anaerobik Dibandingkan Proses Aerobik

Keuntungan Anaerobik	Kerugian Anaerobik
<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan sedikit energi • Menghasilkan lumpur lebih sedikit • Membutuhkan nutrisi lebih sedikit • Menghasilkan metana yang bisa digunakan sumber energi potensial • Kebutuhan volume reaktor lebih kecil • Memiliki respon yang cepat untuk penambahan substrat 	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu yang dibutuhkan untuk memulai pengolahan lebih lama • Membutuhkan penambahan alkalin • Membutuhkan pengolahan lanjutan dengan proses aerobik untuk menghasilkan buangan • Nitrogen dan fosfor tidak bisa dihilangkan • Laju reaksi berkurang pada suhu yang rendah • Lebih rentan terhadap zat beracun • Berpotensi menghasilkan gas yang bersifat korosif dan menimbulkan bau

Sumber : Metcalf & Eddy, (2003, p.984)

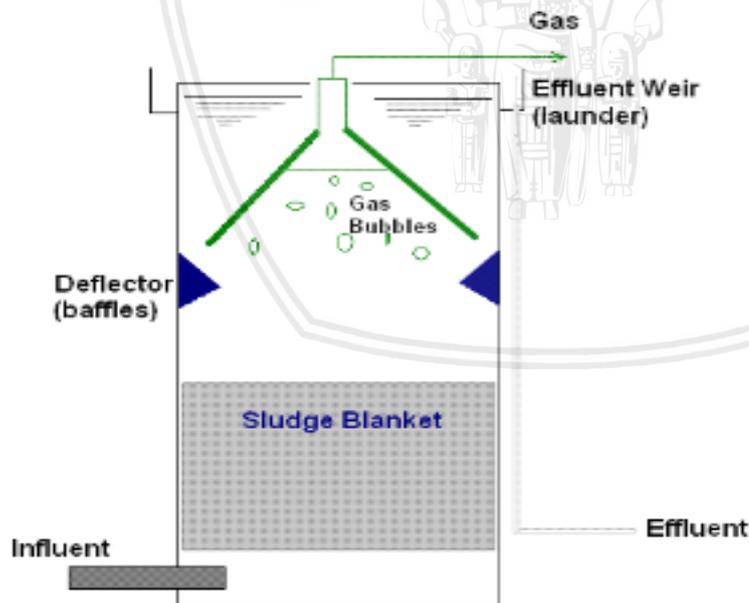
a. *Upflow Sludge Blanket Reactor Process*

Pada sistem *upflow sludge blanket reactor*, air limbah yang masuk diarahkan dari bagian bawah reaktor kemudian ke atas reaktor berjalan melewati sludge blanket. Sesuatu yang penting dalam pembuatan reaktor UASB ialah sistem pengaliran influent, pelepasan padatan gas dan pembuangan effluent. Modifikasi reaktor UASB adalah dengan

penambahan tangki pengendap dan juga dengan penggunaan bahan material tertentu yang diletakkan pada bagian atas reaktor. Yang membedakan UASB dengan pengolahan lainnya yaitu keberadaan lumpur granular yang memiliki dimensi 1-3 mm (Asmadi, 2012, p.154).

Selama proses terjadinya penolahan air limbah terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi kondisi reaktor UASB, perihal tersebut seperti jika reaktor UASB terlalu asam maka akan menyebabkan kondisi reaktor overload. Hal ini terjadi karena menurunnya *volatil fatty acids* (VFAs) yang di produksi oleh bakteri asitogenik dan asetagenik dan energi kinetik antara bakteri produsen asam dan pemakannya. Sebaliknya, kondisi reaktor menjadi toxic atau beracun akan terjadi kalau pH turun atau dalam keadaan basa. Oleh karena itu kondisi pH harus normal berdasarkan aturan kenormalan pH air limbah agar tidak overload bahkan toxic atau beracun. Selain pH, produksi biogas yaitu metana turut menjadi perhatian karena juga berpengaruh terhadap kondisi reaktor UASB.

Jika produksi biogas rendah bias berpotensi mengakibatkan *overload* pada reactor jika pH nya dalam kondisi asam, jika pH dalam kondisi basa akan mengakibatkan toxic pada reactor. Dengan demikian agar kondisi reactor normal maka pH harus dalam keadaan normal sesuai aturan kenormalan pH air limbah dan produksi biogas juga harus sedang.



Gambar 2.8. Pengolahan *upflow sludge blanket reactor*
Sumber: waswaterengineering.com (diakses 8 Agustus 2018)

b. *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

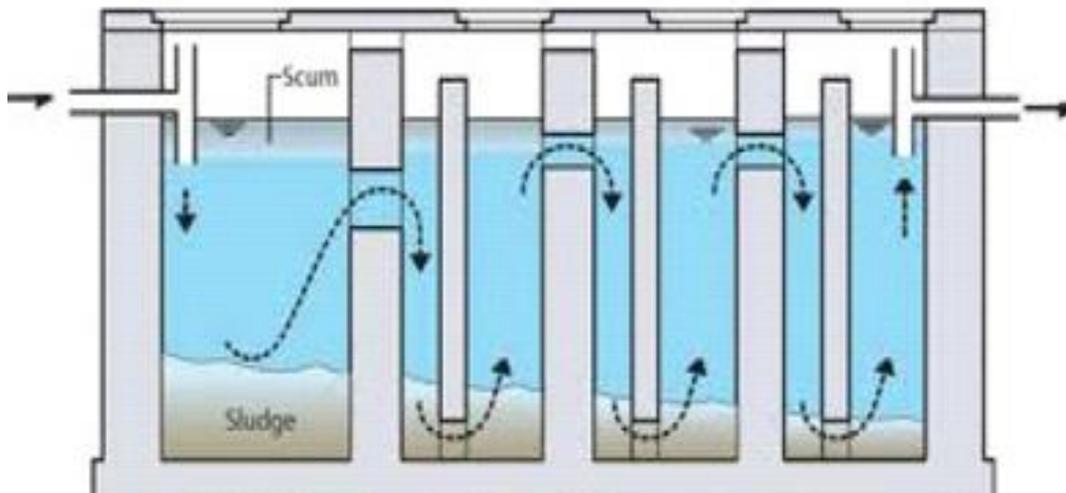
ABR *Anaerobic Baffled Reactor* ialah penyempurnaan dari tangki septik yang mempunyai tahapan baffle dimana air limbah diharuskan untuk mengalir. Semakin lama kontak dengan biomassa aktif (lumpur) akan menghasilkan tingkat pengolahan yang tinggi.

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) digambarkan sebagai rangkaian dari *upflow anaerobic sludge blanket reactors* (UASBS) karena terbagi menjadi beberapa kompartemen. Tipikal ABR terdiri dari rangkaian baffles vertical yang mengarahkan air limbah kebawah dan ke atas baffles saat melewati inlet sampai outlet.

Penyempurnaan pada sistem ABR meliputi, variasi baffle, hybrid reactor dengan menggunakan ruang endapan untuk menampung lumpur dan menggunakan packing diatas setiap chamber untuk menampung padatan. Perkembangan ABR telah lama dilakukan. Proses ABR dapat diaplikasikan pada berbagai jenis limbah dengan suhu di bawah 13⁰ C, konsentrasi volatile solid berada antara 4-20 g/l dan hidrolic retention time 6-24 hari. Keunggulan dalam penggunaan proses ABR adalah: (1) sederhana sebab tidak memakai bahan material khusus, proses pemindahan gas tidak diperlukan, tidak memerlukan pengaduk mekanis dan sedikitnya gangguan yang timbul, (2) *hidraulic retention time* yang rendah, (3) tidak memerlukan karakteristik biomasa tertentu, (4) dapat digunakan mengolah berbagai macam jenis limbah, (5) *shock loading* yang stabil (Asmadi, 2012, p.155).

Teknologi ABR ini mudah beradaptasi dan dapat digunakan di tingkat rumah tangga atau lingkungan kecil yang menggunakan jumlah air yang cukup banyak untuk mencuci pakaian, mandi, dan penggelontoran toilet atau biasa disebut grey water. Teknologi ini cocok jika penggunaan air dan penyuplaian air limbah relatif konstan. Teknologi ini juga cocok untuk daerah yang lahannya sempit karena tangki dipasang di bawah tanah dan membutuhkan area yang kecil. Teknologi ini tidak bisa dibuat pada tempat yang memiliki muka air tanah yang tinggi karena infiltrasi akan memengaruhi efisiensi pengolahan dan mengkontaminasi air tanah. Inflow tipikal untuk pembuatan ABR antara 2000 – 20.000 L/hari.

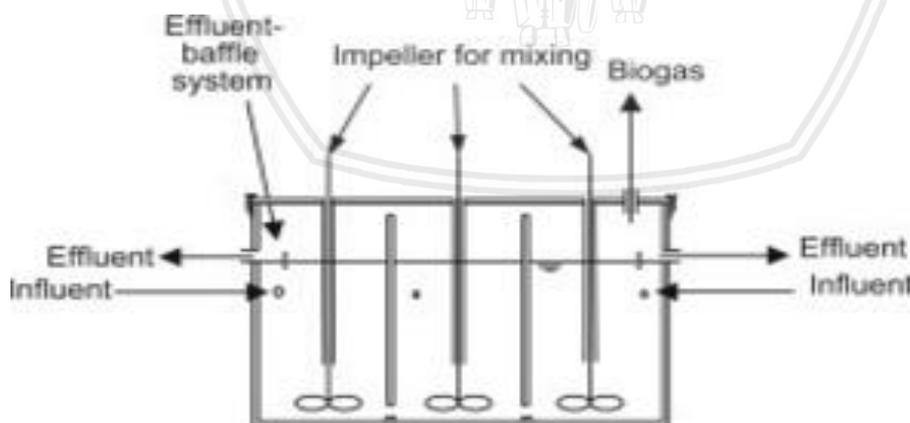
ABR tidak akan beroperasi pada kapasitas penuh untuk beberapa bulan setelah pemasangan karena waktu start up yang lama dibutuhkan untuk proses anaerobik digestion dari lumpur. Maka itu, teknologi ABR tidak dapat digunakan saat sistem pengolahan harus segera dijalankan. Agar ABR dapat mulai bekerja dengan cepat, dapat ditambah media, misalnya lumpur aktif dapat dipakai sehingga bakteri aktif dapat mulai bekerja dan berkembang biak dengan segera. Karena tangki ABR harus dikuras secara reguler, maka lokasi ABR harus dapat dimasuki oleh truk penyedot lumpur.



Gambar 2.9. Pengolahan anaerobic baffle reactor
Sumber: lotusvintech.com (diakses 8 Agustus 2018)

c. Anaerobic Migrating Blanket Reactor

Proses anaerobic migrating blanket reaktor (AMBR) pada dasarnya hampir sama dengan proses ABR. Pada AMBR, *influent* pada setiap tahap dan effuennya memiliki konsentrasi yang berbeda-beda. Karena hal ini sludge blanket yang jenisnya seragam diperlukan pada reaktor anaerob. Temperatur yang digunakan agar proses AMBR dapat dijalankan adalah sekitar 15-20 °C, dengan beban organik berkisar antara 1-3 kg COD/m³ hari dengan waktu retensi hidrolis 4-12 hari. Pada konsentrasi COD tinggi, efisiensi penyisihan COD mencapai 59% pada suhu 15⁰C dan pada suhu 20⁰C penyisihan COD mencapai 80-95% dengan beban COD sebesar 1-2 kg/m³.hari (Asmadi, 2012, p.156).



Gambar 2.10. Pengolahan Anaerobic Migrating Blanket Reactor
Sumber: sciensdirect.com (diakses 8 Agustus 2018)

Pada pengolahan ini dilengkapi dengan pengaduk mekanik di setiap tahapan operasionalnya untuk menjaga kondisi lumpur pada sistem, dengan adanya pengaduk ini maka tidak diperlukan bak pengendap untuk menampung padatan.

2.7.2.1. Pertimbangan Desain Pengolahan Limbah Cair Sistem Anaerobik

Hal yang utama sebagai pertimbangan adalah karakteristik dari air limbah, Karakteristik air limbah memiliki pengaruh terhadap desain yang akan diterapkan pada sistem anaerobik. Berikut ini merupakan faktor utama dan karakteristik air limbah yang perlu untuk dievaluasi dalam perencanaan desain pada sistem anaerobik :

1. Karakteristik air limbah

Jenis air limbah yang dapat diolah dengan menggunakan sistem anaerobik yaitu air limbah yang besumber dari air limbah domestik, farmasi, industri makanan dan minuman, dan lain-lain. Proses pengolahan secara anaerobik ini memiliki kemampuan yang lebih besar jika berada pada temperatur air limbah yang lebih hangat, sehingga tidak memerlukan aerasi dan menghasilkan padatan/lumpur yang sedikit hal itu menjadikan biaya yang diperlukan pun juga sedikit. Untuk industri makanan, konsentrasi COD pada air limbah yang mampu diolah secara anaerobik yaitu sebesar 3.000 – 30.000 mg/L (Metcalf & Eddy, 2003, p.987).

2. Konsentrat dan temperatur

Suhu dari air limbah sangat berpengaruh pada keekonomisan dan kelayakan untuk pengolahan anaerobik. Suhu dari reaktor berkisar 25° – 35° bisa mensupport reaksi biologis agar lebih maksimal dan menjadikan pengolahan lebih stabil. Konsentrasi COD dengan nilai 1.500 – 2.000 mg/L diperlukan dalam memproduksi metana yang digunakan untuk menjaga kehangatan air limbah, sehingga tidak diperlukan sumber bahan bakar. Untuk COD yang besarnya 1.300 mg/L atau lebih kecil lagi dapat digunakan pengolahan secara aerobik.

Proses olahan anaerobik bisa dilakukan pada suhu yang lebih rendah dan telah dilanjutkan pada 10° – 20° pada reaktor biakan tersuspensi dan biakan melekat. Tetapi laju reaksi yang lebih pelan dan waktu tinggal yang lebih lama, reaktor yang lebih besar dan COD lebih sedikit akan terjadi akibat suhu yang lebih rendah (Banik and Dague, 1996, Collins et al, 1998, dalam Metcalf & Eddy, 2003, p.987).

Pada umumnya, pengolahan secara anaerobik menghasilkan lumpur yang lebih sedikit dari pada sistem aerobik dengan konsentrasi TSS untuk biakan tersuspensi sebesar 100 – 200 mg/L. Pada air limbah yang encer, konsentrasi TSS akan membatasi kemungkinan waktu tinggal (SRT) pada proses pengolahan tersebut.

3. Waktu tinggal (SRT/*Solids Retention Time*)

Waktu tinggal adalah hal paling pokok pada desain dan pola operasi dari proses pengurangan secara anaerobik. Untuk pengolahan dengan *performance* yang efektif

diperlukan suhu yang tinggi sedangkan apabila suhunya lebih rendah waktu tinggal yang diperlukan menjadi lebih lama.

2.8. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu proses dalam sebuah pekerjaan konstruksi untuk menghitung perkiraan biaya pembangunan sebelum pekerjaan dilaksanakan. Dalam hal ini rencana biaya pembangunan atau lebih dikenal dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan bagian dalam kelompok kegiatan perencanaan. Rencana anggaran biaya ini diperlukan sebagai dasar acuan oleh pemilik pekerjaan atau *owner* ataupun kontraktor sebagai pelaksana. Kemudian RAB yang disebut sebagai biaya konstruksi sebenarnya (*actual cost*) baru dapat disusun setelah pekerjaan pembangunan selesai dilaksanakan.

Perkiraan untuk biaya konstruksi dibedakan menjadi dua, yaitu estimasi kasaran (*approximate estimates* atau *preliminary estimates*) dan estimasi teliti atau detail (*detailed estimates*). Estimasi kasaran (*approximate estimates*) umumnya digunakan untuk pengusulan atau pengajuan anggaran kepada instansi atasan, misalnya pada usulan DIP (Daftar Isian Proyek) di proyek-proyek pemerintah dan digunakan dalam tahap studi kelayakan suatu proyek. Sedangkan estimasi teliti atau detail (*detailed estimates*) digunakan untuk rencana anggaran biaya lengkap yang digunakan dalam penilaian pada saat lelang, serta sebagai dasar acuan pelaksanaan konstruksi.

RAB yang lengkap dan terperinci termasuk biaya-biaya tak langsung atau *overhead*, keuntungan kontraktor dan pajak merupakan estimasi detail. Besaran biaya ini diperhitungkan berdasarkan persentase (%) terhadap biaya konstruksi (*bowsom*).

Tingkatan RAB atau perkiraan biaya pada pekerjaan proyek terdiri dari tujuh tahapan (Smith, 1995) :

- a. *Preiminary estimate* adalah hitungan kasaran sebagai awal perkiraan biaya suatu proyek.
- b. *Apprasial estimate*, atau dikenal juga sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*) digunakan untuk membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana tertentu.
- c. *Proposal estimate*, merupakan perkiraan dalam rencana terpilih biasanya dibuat berdasarkan konsep desain dan studi spesifikasi desain yang akan mengarah pada perkiraan biaya dalam pembuatan garis besar desain.
- d. *Approved estimate*, merupakan modifikasi dan *proposal estimate* bagi *client*, untuk digunakan sebagai dasar acuan bagi pengendalian biaya proyek.

- e. *Pre-tender estimate*, adalah *approved estimate* berdasar desain pekerjaan definitif sesuai dengan yang tersedia di dokumen tender yang telah disempurnakan, disiapkan untuk evaluasi penawaran pada lelang.
- f. *Post-contract estimate*, perkembangan selanjutnya tentang besarnya biaya setelah pelulusan dan tercatat pada kontrak. Berisi rincian tiap pekerjaan dan pengeluaran lainnya.
- g. *Achieved cost*, ialah besar biaya sebenarnya (*real cost*), yang tersusun setelah pekerjaan selesai dan berguna untuk data atau masukan bagi proyek selanjutnya.

Untuk RAB sendiri ada dua macam, yaitu (Soedrajat, 1984) :

- RAB kasaran, yaitu rancangan anggaran biaya sementara, dengan menghitung pekerjaan setiap ukuran luas.
- RAB detail, dilakukan dengan menghitung volume dan harga dari seluruh pekerjaan yang dilaksanakan. Cara pertama dengan menggunakan harga satuan, yaitu menghitung harga satuan dan volume tiap jenis pekerjaan. Cara kedua dengan harga seluruhnya, yaitu volume berbagai bahan yang digunakan dan jumlah buruh lalu dikalikan dengan harga masing-masing, setelah itu dijumlahkan.

Berikut ini merupakan hal-hal yang ada pada perhitungan RAB :

- Harga material bangunan
- Upah tenaga
- Peralatan
- Metode pelaksanaan
- Waktu penyelesaian

2.8.1. Langkah-langkah Persiapan Perhitungan RAB

Pada perhitungan RAB step awalnya adalah dilakukan usaha persiapan supaya didapatkan angka yang tepat. Langkah-langkah persiapan yang dilakukan untuk menghitung RAB yaitu :

- a. Peninjauan ruang lingkup proyek : Keadaan lingkungan lokasi menjadi pertimbangan, yaitu dari segi keamanan, tenaga kerja, lalu lintas, ruang untuk gudang, dan lain-lain terhadap biaya.
- b. Penentuan kuantitas atau volume pekerjaan dan konstruksi bangunan atau proyek.
- c. Harga material yang digunakan.
- d. Harga pekerja

- e. Harga peralatan kerja
- f. Biaya tak terduga dan biaya pembuatan.

2.8.2. Dasar Perhitungan

Pada intinya pembuatan RAB didapatkan dari hasil perkalian antara volume dari setiap jenis pekerjaan dengan harga satuan masing-masing. Banyaknya pekerjaan diketahui dengan dengan membaca dan menghitung dari gambar desain. Biaya pembangunan meliputi harga-harga bahan, pekerja dan *tools* yang dipakai. Harga satuan setiap macam pekerjaan akan menentukan semua unsur biaya, dan untuk ini dipakai analisa BOW. Biasanya metode dalam memperhitungkan RAB dibuat berdasarkan komponen-komponen seperti (Soedradjat, 1984) :

- Bahan-bahan material
Pada umumnya dibuat lis bahan yang menjabarkan jumlah, ukurannya, beratnya dan hal lain yang dibutuhkan. Ahli ukur bahan akan membuat daftar bahan yang dibutuhkan dan para pemborong akan menggunakan *list* ini untuk membuat penawaran harga.
- Buruh
Faktor-faktor yang mempengaruhi biaya dari buruh diantaranya seperti, lama jam kerja, kondisi tempat kerja, dan keahlian buruh.
- Peralatan
Peralatan di sini yang digunakan untuk keperluan konstruksi seperti bangunan sementara, mesin, alat-alat tangan (*tools*) dan sebagainya. Semua *tools* ditempatkan pada suatu tempat atau juga di tempat lainnya, tergantung dari kondisi.
- Biaya tak terduga atau *Overhead*
Biaya tak terduga ini dibagi dua yaitu : biaya tak terduga umum dan biaya tak terduga proyek. Biaya tak terduga umum tidak bisa segera dimasukkan ke suatu jenis pekerjaan pada proyek seperti, sewa kantor, peralatan, alat tulis, air listrik, biaya transportasi, pajak dan sebagainya.
- Profit
Profit di sini merupakan perhitungan prosentase benefit dari waktu, tempat dan tipe pekerjaan. Prosentase benefitnya dari besarnya *cost* sebesar 8 hingga 15 % bergantung dari pemborong dalam memperoleh proyek tersebut.

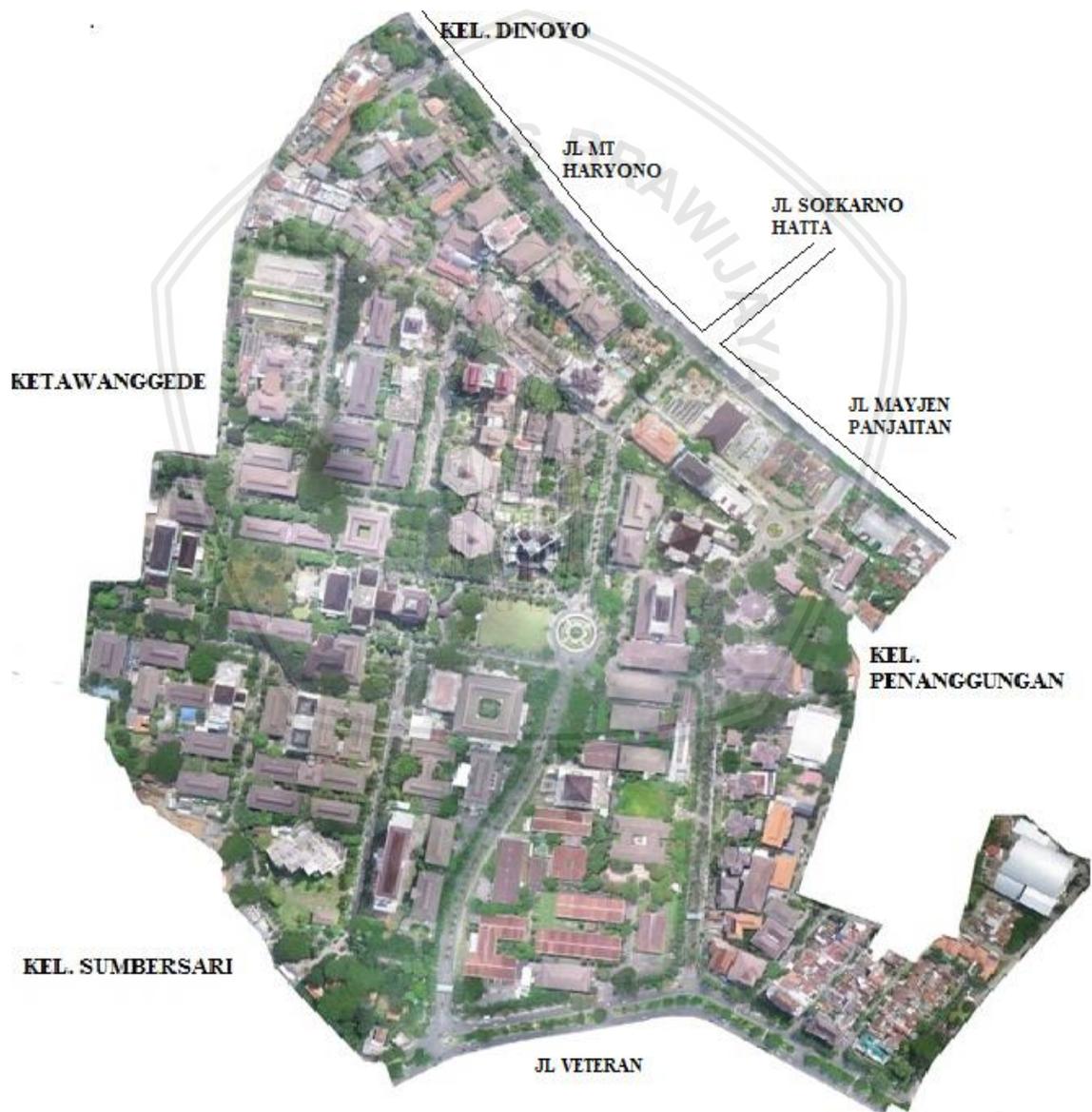


(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

3.1. Lokasi Studi

Lokasi untuk studi perencanaan instalasi pengolahan air limbah ini berada di Universitas Brawijaya Malang.



Gambar 3.1. Lokasi Universitas Brawijaya
Sumber : Hasil *drone* lokasi

Perguruan tinggi Universitas Brawijaya terletak di Kota Malang Jawa Timur dengan iklim tropis pada ketinggian 501 meter di atas permukaan laut. Dengan posisi yang demikian, kampus UB memiliki karakteristik iklim tropis dataran tinggi. Mengalami dua jenis musim kemarau dan penghujan tiap tahun. Temperatur cukup dinamis dari dingin lembab (15°C) hingga panas basah (32°C). Curah hujan relatif tinggi khususnya di awal musim penghujan.

Karakter iklim tropis dataran tinggi menjadikan kampus UB memiliki jenis tanah lembab sepanjang tahun. Sebagai daerah dataran tinggi yang terbentuk dari batuan vulkanik andosol, tanah kampus UB memiliki daya serap tinggi dan peka erosi. Topografi tanah kampus UB relative datar dengan kelerengan 15% dengan sisi barat laut kampus lebih tinggi daripada sisi tenggara kampus, berikut merupakan batas-batas wilayah kampus

Sebelah Utara : Kelurahan Dinoyo

Sebelah Selatan : Kelurahan Sumbersari

Sebelah Timur : Kelurahan Penanggungan

Sebelah Barat : Kelurahan Ketawanggede

Lahan kampus utama memiliki luas 58 ha berlokasi di wilayah barat kota Malang, dan beralamat di Jalan Veteran. Supaya penggunaan lahan kampus lebih efisien, gedung-gedung kampus mayoritas terdiri dari tiga lantai dan di beberapa fakultas memiliki gedung tujuh lantai atau lebih. Kampus Universitas Brawijaya mempunyai 15 fakultas dan 2 program pendidikan dan pada saat ini jumlah total mahasiswa yang ada sebanyak 61.225 orang, jumlah karyawan sebanyak 1.286 orang dan dosen sebanyak 2.106 orang.

3.2. Kondisi Eksisting Pengelolaan Limbah UB

Kampus Universitas Brawijaya memiliki area seluas $422.872,1\text{ m}^2$. Sisi utara berbatasan dengan jalan MT. Haryono, deretan toko dan kali Brantas, sisi selatan berbatasan dengan jalan Veteran, sisi barat dengan kali Sumbersari dan pemukiman, dan sebelah timur berbatasan dengan pemukiman kelurahan Penanggungan. Terdapat dua badan air yaitu kali Sumbersari sebelah barat Fakultas Pertanian dan kali alami yang mengalir dari Jalan Gajayana-Watugong Melewati fakultas Teknik, dan Fakultas Ilmu Administrasi. Kedua kali tersebut juga menerima buangan limbah domestik dari bangunan-bangunan di sekitarnya.

Pengelolaan limbah cair di Universitas Brawijaya sekarang ini menggunakan sistem *on-site* berupa *septic tank* yang terdapat di sisi bangunan dan juga di bawah jalur pedestrian. Timbulan limbah cair berhubungan dengan banyaknya lantai bangunan,

semakin tinggi bangunan maka semakin banyak juga unit timbulan limbah cair. Berikut ini merupakan peta sebaran timbulan limbah cair (*septic tank*) :



Gambar 3.2. Peta Sebaran Limbah Cair (*Septictank*)

Sumber : Tim IPAL UB (2015)

Keterangan :

Blok A : Rektorat dan gedung vokasi

Blok B : RKB dan gedung MIPA

Blok C : Gedung Teknik Elektro

Blok D : Gedung Eletro dan FISIP

Blok E : KPRI, Kedokteran Hewan, dan Teknik Kimia

Blok F : Fakultas Teknik, Kedokteran hewan dan Fakultas Administrasi

Blok G : Gedung Teknik Industri

Blok H : Fakultas Hukum dan Fakultas Ekonomi Bisnis

Blok I : Fakultas Ekonomi & Bisnis, Fakultas Teknologi Pertanian dan Masjid kampus

Blok J : FILKOM dan Fakultas Teknologi Pertanian

Blok K : Perpustakaan dan Fakultas Kedokteran

Blok L : Fakultas MIPA dan Fakultas Ilmu Budaya

Blok M : Fakultas Pertanian dan Peternakan

Blok N : Fakultas Pertanian

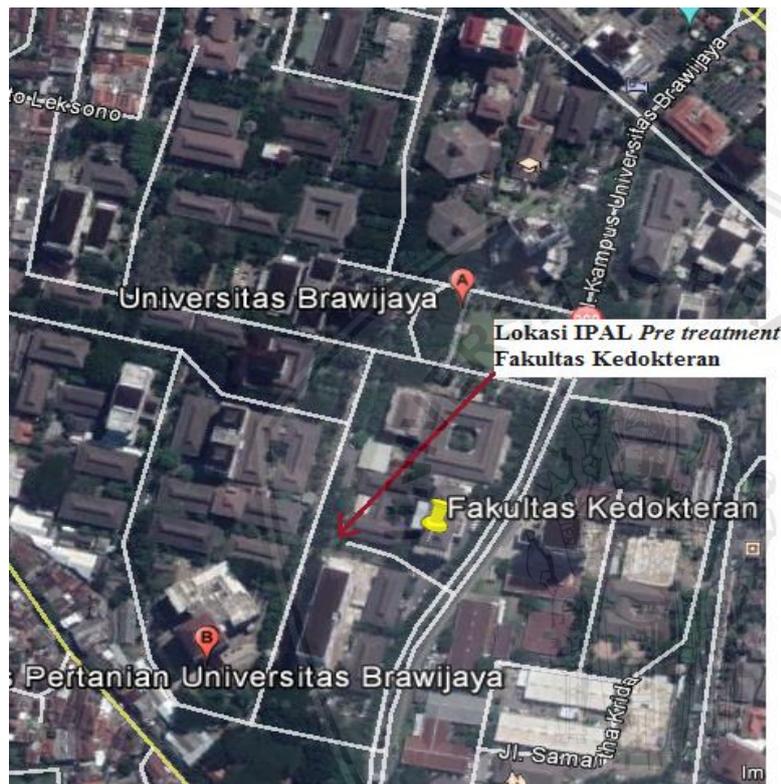
Blok O : Lapangan Rektorat

Blok P : Gedung samantha Krida, Asrama dan GOR

Blok Q: Gedung Unit Kemahasiswaan

Blok R : Hotel UB

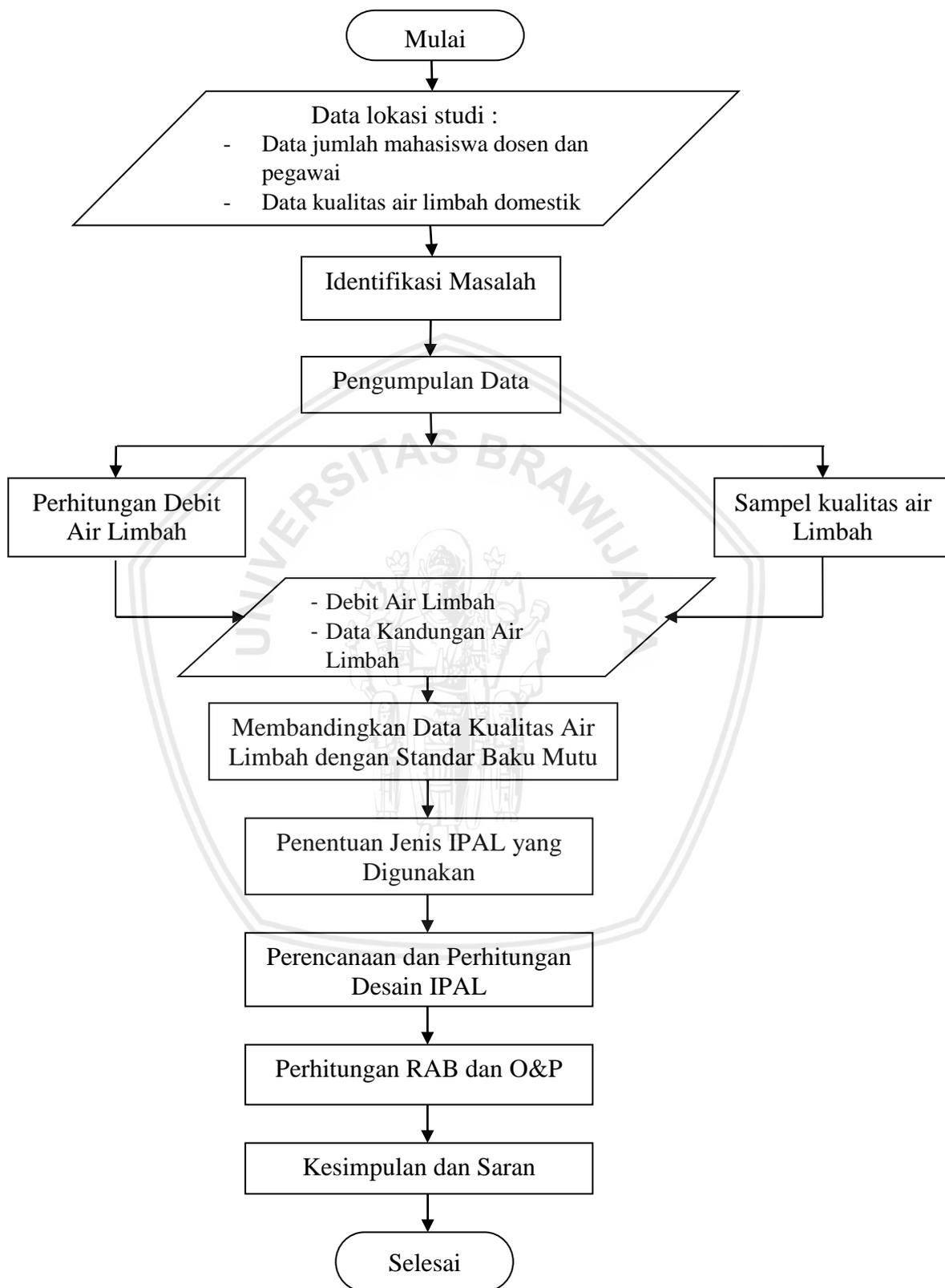
Selain itu di Universitas Brawijaya juga sudah terdapat instalasi pengolahan limbah (IPAL) *pre tretment* yang terletak di Fakultas Kedokteran, IPAL ini mengolah limbah dari laboratorium, ruang bedah atau ruang percobaan lainnya yang terdapat di Fakultas Kedokteran.



Gambar 3.3. Lokasi IPAL *Pre treatment* di FK UB
Sumber : Google Earth

3.3. Diagram Alir Studi

Berikut ini merupakan diagram alir mengenai studi yang dilakukan :



Gambar 3.4. Diagram Alir Studi

3.4. Tahapan – Tahapan Studi

Untuk merencanakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) diperlukan adanya pengumpulan data seperti jenis limbah yang dihasilkan, besar limbah cair yang dihasilkan dari berbagai kegiatan di Universitas Brawijaya serta lokasi dimana IPAL akan dibangun.

3.4.1. Identifikasi Masalah

Dalam tahap identifikasi masalah didapatkan pokok permasalahan, yaitu penanganan limbah cair di Universitas Brawijaya belum sepenuhnya memenuhi kaidah IPTEK dan regulasi yang ada sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, sehingga saat ini dibutuhkan desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sesuai untuk mengatasi potensi pencemaran. Pembangunan instalasi pengolahan air limbah di Universitas Brawijaya adalah salah satu wujud dari upaya dalam menangani terjadinya pencemaran lingkungan. Sebelumnya pembuangan limbah cair berupa limbah domestik seperti cuci mencuci, kantin, toilet dan pada berbagai fakultas di Universitas Brawijaya masih menggunakan cara dengan membuang pada *septicktank*, saluran drainase dan diresapkan ke tanah.

3.4.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah data mengenai debit limbah cair yang dihasilkan dari Universitas Brawijaya, data lokasi studi serta data kualitas limbah cair Universitas Brawijaya yang digunakan untuk mendesain IPAL.

3.4.2.1. Data Debit Air Limbah

Salah satu data yang digunakan adalah mengenai jumlah debit limbah cair yang dihasilkan dalam kegiatan di kampus Universitas Brawijaya, perhitungan debit sendiri akan didasarkan pada jumlah mahasiswa, tenaga dosen dan pegawai di lingkup universitas. Dengan standar pemakaian air bersih per kapita sebesar 144 lt/org/hr (Ditjen Cipta Karya, 2006). Kemudian berdasarkan SNI 03-7065-2005 debit air limbah untuk pegawai dan gedung kantor sebesar 50 liter/pegawai/hari.

Selanjutnya tabel berikut ini merupakan rekapitulasi jumlah *civitas akademika* di Universitas Brawijaya :

Tabel 3.1
Jumlah *Civitas Academica* UB

No	Unsur	Jumlah
1	Mahasiswa	64037
2	Dosen	2075
3	Karyawan	1912
Jumlah Total		68024

Sumber : <http://ub.ac.id/>(diakses 17 November 2017)

3.4.2.2. Data Sampel Air Limbah

Tahapan pengambilan sampel dilakukan untuk memperoleh contoh limbah cair domestik di Universitas Brawijaya untuk selanjutnya didapatkan kualitas dari air limbah tersebut. Berdasarkan SNI 59-6989-2004 tentang tata cara pengambilan contoh air limbah, proses pengambilan sampel sebelum sampel dianalisa di laboratorium perlu diperhatikan dengan benar. Cara pengambilan contoh sampel air limbah diantaranya adalah :

- a) Menyiapkan alat pengambil sampel sesuai dengan saluran pembawa
- b) Membilas sebanyak tiga kali alat dengan contoh yang akan diambil
- c) Ambil contoh sampel sesuai dengan kebutuhan analisis kemudian campur dan tuangkan dalam penampung sementara, lalu homogenkan
- d) Masukkan ke dalam tempat atau penampung yang sesuai dengan keperluan analisis
- e) Lakukan pengujian suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, pH dan oksigen terlarut dengan segera karena dapat berubah cepat dan tidak bias diawetkan
- f) Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus
- g) Dilakukan pengawetan pada pengambilan contoh sampel untuk parameter di laboratorium

Adapun selang waktu yang harus diperhatikan antara waktu pengambilan sampel yang dilakukan dengan pengujian di laboratorium. Hal ini bergantung pada sifat sampel air tersebut, parameter yang akan diperiksa dan cara penyimpanannya. Air bersih dapat disimpan selama 72 jam, air yang tercemar sedikit 48 jam dan air kotor/limbah 12 jam. Tentunya hal ini juga dibutuhkan pengawetan. Fungsi pengawetan yaitu untuk memperlambat proses perubahan kimia dan biologis.

Cara pengawetan paling baik yaitu dengan mendinginkan sampel air pada 4⁰ C. Meskipun tidak seluruh unsur dapat diawetkan tetapi jika melihat fungsi pengawetannya maka pendinginan yang paling baik.

Tabel 3.2
Kualitas Air Limbah Domestik di Universitas Brawijaya

Parameter	Kadar (mg/l)
BOD	583,33
COD	604,17
TSS	1458,33

Sumber : Hasil lab

Dari analisa didapatkan beberapa parameter yaitu nilai BOD sebesar 583,33 mg/l, nilai COD sebesar 604,17 mg/l, dan TSS sebesar 1458,33 mg/l.

3.4.3. Mutu Air Limbah

Mutu air limbah dari Universitas Brawijaya dievaluasi dengan kuantitas dan kualitas limbah cair terhadap Permen Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Setelah diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) akan menghasilkan effluen yang akurat dan selalu dibawah ambang batas seperti yang ditentukan dalam peraturan yang berlaku.

Tabel 3.3
Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Kadar maks (mg/l)
BOD	30
COD	100
TSS	30

Sumber : Permen LH No 68 Th 2016

3.4.4. Penentuan Model IPAL

Untuk air limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas di lingkup Universitas Brawijaya diperlukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan kriteria yang telah disesuaikan terhadap kebutuhan. Beberapa kriterianya adalah :

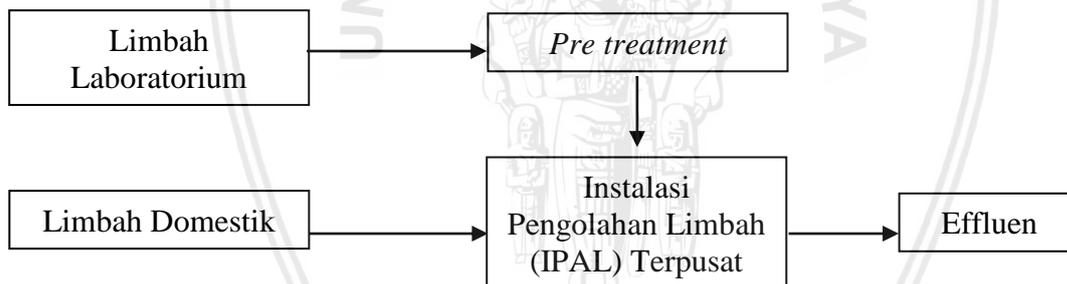
- Jenis IPAL disesuaikan dengan dengan jenis limbah yang akan diolah.
- Pengolahan air limbah harus mampu menghasilkan *effluent* yang memenuhi standar baku mutu air yang telah ditetapkan oleh pemerintah.
- Penempatan dan besarnya instalasi disesuaikan dengan identifikasi lokasi yang telah dilakukan.
- Penentuan model IPAL dipilih yang mempunyai stabilitas dan efisien, tidak mudah menimbulkan bau, serta efektif sesuai perhitungan yang telah dilakukan

- e. Sebagai aset milik Perguruan Tinggi, metode yang dipilih harus dapat dipertanggung jawabkan secara *science* dan dapat dipakai sebagai laboratorium pengolahan air limbah bagi mahasiswa.

3.4.5. Perencanaan dan Perhitungan Desain IPAL

Tahap selanjutnya yaitu perencanaan dan perhitungan desain IPAL. Perhitungan dimensi IPAL disesuaikan dengan jenis yang telah dipilih dan ketersediaan tempat atau lahan berdasarkan identifikasi lokasi yang telah dilakukan. Untuk pengolahan limbah akan dipisahkan dari sumbernya antara limbah biologi atau organik dengan limbah kimia dan diolah sesuai dengan sifatnya.

Pada studi perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini hanya akan membahas pengolahan limbah domestik yang dihasilkan dari Universitas Brawijaya sementara limbah dari laboratorium telah melalui proses pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) dan akan diperlakukan sebagai limbah domestik. Desain dari IPAL terpusat sendiri terdiri dari bak ekualisasi, bak penengndap awal, bak anaerobik, bak aerobik dan bak pengendap akhir.



Gambar 3.5. Skema Urutan Pengolahan Limbah Cair Universitas Brawijaya
Sumber : Perencanaan

3.4.6. Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) serta Operasi & Pemeliharaan

Rencana anggaran biaya adalah suatu proses dalam sebuah pekerjaan konstruksi untuk menghitung perkiraan biaya pembangunan sebelum pekerjaan dilaksanakan. Untuk mengetahui biaya pembangunan IPAL ini, dilakukan perhitungan RAB berdasarkan harga di kota Malang. Perhitungan RAB di sini bersifat kasar, lebih sederhana dan global.

Kemudian biaya operasional dan pemeliharaan (O&P) IPAL terdiri dari biaya pegawai, biaya operasional dan biaya pemeliharaan.

3.4.7. Tahap Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan analisis dan pengolahan data serta perhitungan desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL), maka tahapan terakhir yang dilakukan adalah penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan ini akan menjawab permasalahan-permasalahan pada

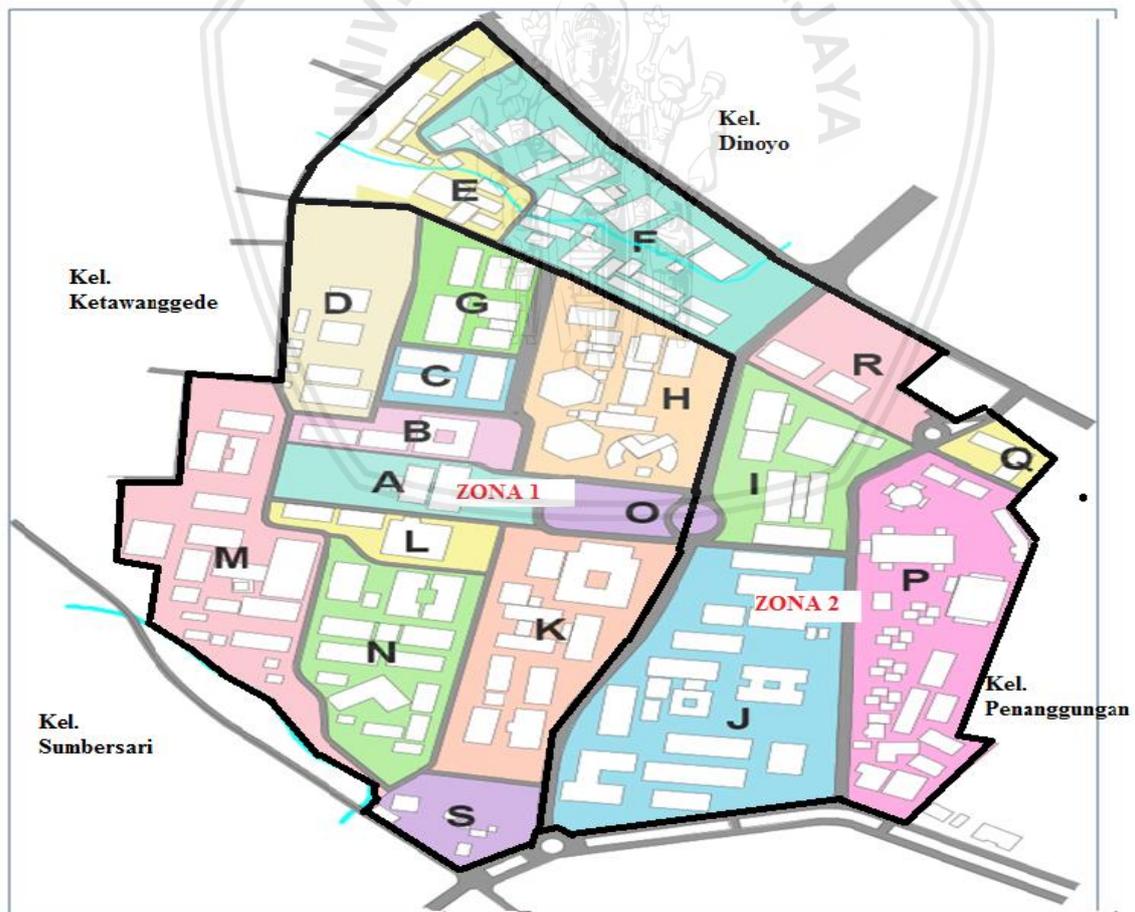
identifikasi masalah. Selain itu tahap ini terdapat juga pemberian saran atau masukan ke pihak terkait dari studi yang telah dilakukan.



BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Lokasi IPAL Terpusat Universitas Brawijaya

Sistem pengaliran dan pengumpulan air limbah direncanakan dengan sistem gravitasi yang terpisah dengan saluran drainase air hujan. Zona pelayanan IPAL UB ditetapkan menjadi 2 zonasi, yaitu Zona 1 sebelah kiri jalan utama melayani 8 Fakultas dan Rektorat, sedangkan zona 2 disebelah kanan jalan utama, melayani Gedung UKM, Asrama Mahasiswa, Fakultas Ekonomi, Fakultas Teknologi Pertanian dan FILKOM. Setiap zona terdapat pipa induk yang menampung limbah cair dari berbagai kegiatan di Universitas Brawijaya. Setiap pipa induk mengalirkan limbah cair menuju ke IPAL terpusat dengan sistem gravitasi.



Gambar 4.1. Zonasi Pelayanan IPAL UB
Sumber : Tim IPAL UB

Blok A: Rektorat dan gedung vokasi

Blok B: RKB dan gedung MIPA

Blok C: Gedung Teknik Elektro

Blok D: Gedung Eletro dan FISIP

Blok E: KPRI, Kedokteran Hewan, dan Teknik Kimia

Blok F: Fakultas Teknik, Kedokteran hewan dan Fakultas Administrasi

Blok G: Gedung Teknik Indutri

Blok H: Fakultas Hukum dan Fakultas Ekonomi Bisnis

Blok I: Fakultas Ekonomi & Bisnis, Fakultas Teknologi Pertanian dan Masjid kampus

Blok J: FILKOM dan Fakultas Teknologi Pertanian

Blok K: Perpustakaan dan Fakultas Kedokteran

Blok L: Fakultas MIPA dan Fakultas Ilmu Budaya

Blok M: Fakultas Pertanian dan Peternakan

Blok S: Gazebo FK, rencana lokasi IPAL terpusat

Lokasi rencana IPAL terpusat Universitas Brawijaya Malang ini terletak di sebelah Selatan Fakultas Kedokteran, tepatnya berada di gazebo Fakultas Kedokteran. Lokasi ini dipilih berdasarkan lahan yang tersedia dan letak topografi yang lebih rendah, karena pada sistem pengaliran perpipaannya menggunakan sistem gravitasi.



Gambar 4.2. Lokasi Penempatan IPAL terpusat UB

Sumber : Google Earth & Hasil Dokumentasi

4.2. Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah untuk Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Universitas Brawijaya ini dihitung dengan memperhatikan jumlah *civitas academica* yang ada. Unsur *civitas academica* terdiri dari mahasiswa, dosen dan pegawai universitas. Untuk

perhitungan debit limbah cair dari dosen dan pegawai didasarkan pada SNI 03-7065-2005 dengan standar pemakaian air bersih pegawai kantor sebesar 50 lt/pegw/hr, dan estimasi limbah cair yang dihasilkan sebesar 60% - 80 % dari pemakaian air bersih perhari (Hardjosuprpto Masduki, 2000).

Kemudian estimasi debit limbah cair dari mahasiswa yang hadir di kampus setiap harinya yaitu sebesar 15% dari pemakaian air bersih perkapita perhari, pemakaian air bersih perkapita sebanyak 144 lt/org/hr (Ditjen Cipta Karya, 2006). Dan perkiraan mahasiswa yang hadir di kampus setiap harinya sebanyak 80% dari total seluruh mahasiswa.

Tabel 4.1
Jumlah Mahasiswa dan Staf Akademik UB Untuk Zona I

No	Fakultas	Jumlah Mahasiswa	Jumlah Dosen	Jumlah Pegawai
1	FT (Mesin, Elektro, Industri)	2843	123	41
2	FISIP	4965	141	94
3	Fakultas Hukum	3561	99	78
4	FEB	2894	101	49
5	FKG	464	55	38
6	Fakultas Peternakan	2469	90	47
7	FPIK	4473	113	67
8	Fakultas Ilmu Budaya	12414	139	49
9	FMIPA	2474	147	78
10	Fakultas Kedokteran	4700	300	255
11	Fakultas Pertanian	2246	173	117
	Jumlah	43503	1481	913

Sumber : <http://ub.ac.id/>(diakses 8 Agustus 2018)

Tabel 4.2
Jumlah Mahasiswa dan staf akademik UB untuk zona II

No	Fakultas	Jumlah Mahasiswa	Jumlah Dosen	Jumlah Pegawai
1	FIA	5721	161	93
2	Fakultas Teknik	3110	155	97
3	FEB (Manajemen)	1256	57	4
4	FTP	3137	130	66
5	FILKOM	4498	122	62
Jumlah		17722	625	322

Sumber : <http://ub.ac.id/>(diakses 8 Agustus 2018)

Tabel 4.3
Rekapitulasi jumlah *Civitas Academica* UB

No	Unsur	Jumlah (orang)
1	Mahasiswa	61225
2	Dosen	2106
3	Karyawan	1286
Jumlah Total		64566

Sumber : <http://ub.ac.id/>(diakses 8 Agustus 2018)

Selain itu kampus Universitas Brawijaya juga terdapat hotel dan asrama mahasiswa yang berada di zona II, dimana jumlah kamar hotel untuk UB guest house sebanyak 39 kamar dan griya brawijaya sebanyak 64 kamar masing-masing dengan dua tempat tidur, penghuni asrama sebanyak 441 orang ditambah 51 orang pegawai. Untuk limbah laboratorium berdasarkan survei penulis tahun 2016 sebanyak 45 laboratorium di Universitas Brawijaya menghasilkan limbah cair sebesar 3,271 m³/hr.

Perhitungan debit air limbah :

Debit air limbah zona I

- Fakultas Teknik (Mesin, Elektro, Industri)

$$\begin{aligned}
 Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\
 &= 80\% \times 2843 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\
 &= 49127,04 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\
 &= 164 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\
 &= 4920 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 49127,04 \text{ lt/hr} + 4920 \text{ lt/hr} \\ &= 54047.04 \text{ lt/hr} \\ &= 54.047 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- FISIP

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 4965 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 85795,2 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 235 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 7050 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 85795,2 \text{ lt/hr} + 7050 \text{ lt/hr} \\ &= 92845.20 \text{ lt/hr} \\ &= 92.845 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Hukum

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 3561 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 61534.08 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 177 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 5310 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 61534.08 \text{ lt/hr} + 5310 \text{ lt/hr} \\ &= 66844.08 \text{ lt/hr} \\ &= 66.844 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Ekonomi & Bisnis

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 2894 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 50008.32 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 150 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 4500 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 50008.32 \text{ lt/hr} + 4500 \text{ lt/hr} \\ &= 54508.32 \text{ lt/hr} \\ &= 54.508 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Kedokteran Gigi

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 464 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 8017.92 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 93 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 2790 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 8017.92 \text{ lt/hr} + 2790 \text{ lt/hr} \\ &= 10807.92 \text{ lt/hr} \\ &= 10.808 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Peternakan

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 2469 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 42664.32 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 137 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 4110 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 42664.32 \text{ lt/hr} + 4110 \text{ lt/hr} \\ &= 46774.32 \text{ lt/hr} \\ &= 46.774 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

- Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 4473 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 77293.44 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 180 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 5400 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 77293.44 \text{ lt/hr} + 5400 \text{ lt/hr} \\ &= 82693.44 \text{ lt/hr} \\ &= 82.693 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Ilmu Budaya

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 12414 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \end{aligned}$$

$$= 214513.92 \text{ lt/hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Q air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times \text{Q air bersih} \\ &= 188 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 5640 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q total debit air limbah} &= 214513.92 \text{ lt/hr} + 5640 \text{ lt/hr} \\ &= 220153.92 \text{ lt/hr} \\ &= 220.154 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- FMIPA

$$\begin{aligned} \text{Q air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times \text{Q air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 2474 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 42750.72 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times \text{Q air bersih} \\ &= 225 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 6750 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q total debit air limbah} &= 42750.72 \text{ lt/hr} + 6750 \text{ lt/hr} \\ &= 49500.72 \text{ lt/hr} \\ &= 49.501 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Kedokteran

$$\begin{aligned} \text{Q air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times \text{Q air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 4700 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 81216 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times \text{Q air bersih} \\ &= 555 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 16650 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q total debit air limbah} &= 81216 \text{ lt/hr} + 16650 \text{ lt/hr} \\ &= 97866 \text{ lt/hr} \\ &= 97.866 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Pertanian

$$\begin{aligned} \text{Q air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times \text{Q air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 2246 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 38810.88 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times \text{Q air bersih} \\ &= 290 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8700 \text{ lt/hr} \\
 \text{Q total debit air limbah} &= 38810.88 \text{ lt/hr} + 8700 \text{ lt/hr} \\
 &= 47510.88 \text{ lt/hr} \\
 &= 47.511 \text{ m}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

Debit air limbah zona II

- Fakultas Ilmu Administrasi

$$\begin{aligned}
 \text{Q air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times \text{Q air bersih perkapita} \\
 &= 80\% \times 5721 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\
 &= 98858.88 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Q air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times \text{Q air bersih} \\
 &= 254 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\
 &= 7620 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Q total debit air limbah} &= 98858.88 \text{ lt/hr} + 7620 \text{ lt/hr} \\
 &= 106478.88 \text{ lt/hr} \\
 &= 106.479 \text{ m}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

- Fakultas Teknik

$$\begin{aligned}
 \text{Q air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times \text{Q air bersih perkapita} \\
 &= 80\% \times 3110 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\
 &= 53740.8 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Q air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times \text{Q air bersih} \\
 &= 252 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\
 &= 7560 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Q total debit air limbah} &= 53740.8 \text{ lt/hr} + 7560 \text{ lt/hr} \\
 &= 61300.8 \text{ lt/hr} \\
 &= 61.301 \text{ m}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

- Manajemen

$$\begin{aligned}
 \text{Q air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times \text{Q air bersih perkapita} \\
 &= 80\% \times 1256 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\
 &= 21703.68 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Q air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times \text{Q air bersih} \\
 &= 61 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\
 &= 1830 \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

$$\text{Q total debit air limbah} = 21703.68 \text{ lt/hr} + 1830 \text{ lt/hr}$$

$$= 23533.68 \text{ lt/hr}$$

$$= 23.534 \text{ m}^3/\text{hr}$$

- Fakultas Teknologi Pertanian

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 3137 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 54207.36 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 196 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 5880 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 90345,6 \text{ lt/hr} + 5880 \text{ lt/hr} \\ &= 60087.36 \text{ lt/hr} \\ &= 60.087 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Fakultas Ilmu Komputer

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah mahasiswa} &= 80\% \times \text{jumlh mhs} \times 15\% \times Q \text{ air bersih perkapita} \\ &= 80\% \times 4498 \times 15\% \times 144 \text{ lt/org/hr} \\ &= 77725.44 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah dosen dan pegawai} &= \text{Jumlah pegawai \& dosen} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 184 \times 60\% \times 50 \text{ lt/pegawai/hr} \\ &= 5520 \text{ lt/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ total debit air limbah} &= 77725.44 \text{ lt/hr} + 5520 \text{ lt/hr} \\ &= 83245.4 \text{ lt/hr} \\ &= 83.245 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

- Hotel Griya Brawijaya & UB Guest House

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah} &= \text{jumlh tmpat tidur} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 206 \times 60\% \times 150 \text{ lt/tempat tidur/hr} \\ &= 18540 \text{ lt/hr} \\ &= 18,54 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 0,0002 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

- Asrama mahasiswa

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah} &= \text{jumlh penghuni} \times (60-80\%) \times Q \text{ air bersih} \\ &= 441 \times 70\% \times 120 \text{ lt/org/hr} \\ &= 37,044 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 0,0004 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Tabel 4.4
Rekapitulasi Limbah Cair Domestik yang Dihasilkan Universitas Brawijaya

No	Unsur	Debit Air Limbah (m ³ /hr)
1	FT (Mesin, Elektro, Industri)	54,047
2	FISIP	92,845
3	Fakultas Hukum	66,844
4	FEB	54,508
5	FKG	10,808
6	Fakultas Peternakan	46,774
7	FPIK	82,693
8	Fakultas Ilmu Budaya	220,154
9	FMIPA	49,501
10	Fakultas Kedokteran	97,866
11	Fakultas Pertanian	47,511
12	FIA	106,479
13	Fakultas Teknik	61,301
14	FEB (Manajemen)	23,534
15	FTP	60,087
15	FILKOM	83,245
16	Hotel Griya Brawijaya & UB Guest House	18,54
17	Asrama Mahasiswa	37,044
18	Laboratorium	3,271
Jumlah Total		1217,053

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan debit di atas, total debit air limbah yang ada di kampus Universitas Brawijaya Malang sebesar 1217,053 m³/hr. Debit air limbah berasal dari Jumlah seluruh mahasiswa sebanyak 61225 orang, dosen 2106 orang, karyawan 1286 orang, ditambah dengan hotel untuk UB guest house sebanyak 39 kamar dan griya brawijaya sebanyak 64 kamar masing-masing dengan dua tempat tidur, penghuni asrama sebanyak 441 orang ditambah 51 orang pegawai.

4.3. Kualitas Air Limbah

Terdapat tiga parameter yang dinilai yaitu BOD, COD dan TSS. Baku mutu air limbah menggunakan dasar Permen Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Berdasarkan analisa kualitas air limbah domestik di Universitas Brawijaya Malang maka didapat kualitas air limbah sebagai berikut

Tabel 4.5

Kualitas Air Limbah Domestik di Universitas Brawijaya

Parameter	Kadar (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
BOD	583,33	30
COD	604,17	100
TSS	1458,33	30

Sumber : Hasil analisa

Berdasarkan hasil analisa limbah cair domestik Universitas Brawijaya dapat disimpulkan jika kualitas limbah cair domestik yang dihasilkan tidak memenuhi standar dari regulasi yang telah ditentukan. Untuk itu diperlukan usaha pengolahan limbah cair domestik sebelum dialirkan ke badan air supaya tidak mencemari ekosistem lingkungan.

4.4. Perencanaan dan Perhitungan Desain IPAL

Terdapat dua jenis limbah cair yang dihasil oleh kegiatan di Universitas Brawijaya, yaitu limbah domestik dan limbah laboratorium. Untuk limbah laboratorium sendiri akan dilakukan pengolahan *pretreatment* dahulu untuk menetralkan asam basa selanjutnya dialirkan ke IPAL terpusat dan diperlakukan seperti limbah domestik.

Perencanaan dan perhitungan dimensi IPAL sendiri terdiri dari *bar screen*, bak ekualisasi, pengendap awal, bak anaerobik yang terdiri dari beberapa kompartemen dan media filter, bak aerobik dengan media filter serta bak pengendap akhir. Untuk hasil pengolahan maksimal pada bak pengendap sebaiknya perbandingan panjang terhadap lebar adalah 2:1. Unit bak pengendap diharapkan mampu mengendapkan 50-70% padatan TSS serta menyisihkan 30- 40% material organik. (Sakti Siregar, 2000, p.35). Pada bak anaerobik untuk memberikan distribusi air limbah yang bagus dan merata maka dianjurkan panjang sekitar 0,5 – 0,6 dari kedalaman pada tiap kompartemen. Parameter berikutnya adalah waktu tunggu atau HRT (*hydraulic retention time*), Barber dan Stuckey melakukan tуди dengan HRT 6 sampai 24 jam. Sedangkan BORDA menganjurkan minimum 8 jam (Hermanto,2008,p.98). Kemudian pada pengolahan bak aerobik akan dilengkapi dengan blower untuk memasukan oksigen ke dalam air, efisiensi pada pengolahan ini sebesar 75 –

95% (Said Idaman, 2012). Selanjutnyaperhitungan dan desain IPAL adalah sebagai berikut :

4.4.1. Bar Screen

Bar Screen berfungsi untuk menyaring sampah dari padatan kasar seperti plastik, daun dan sampah besar lainnya yang terbawa aliran air limbah sebelum masuk ke unit pengolahan. Pembersihan *bar screen* ini dilakukan secara manual. Unit ini diletakkan pada saluran air limbah yang akan masuk ke IPAL tepatnya sebelum bak ekualisasi. *Bar screen* yang direncanakan berupa jenis *bar screen* dari tipe saringan kasar atau *coarse screen* yang terbuat dari baja anti karat.

- Kriteria desain (Pedoman teknis IPAL Kemenkes, 2011, p.62) :

Kecepatan aliran melalui *bar screen* (v) : 0,3 – 0,6 m/dt

Jarak antar batang (B) : 25-75 mm

Slope terhadap horizontal (α) : 45-60⁰

- Desain ditetapkan sebagai berikut :

Kecepatan aliran pada *screen* = 0,3 m/dt

Jarak antar batang (B) = 30 mm

Slope terhadap horizontal (α) = 60⁰

Diameter baja (D) = 10 mm

Lebar saluran (b) = 0,6 m

Kedalaman air (d) = 0,3 m

Bahan saringan = baja tahan karat

- Perhitungan lebar bukaan dan jumlah batang

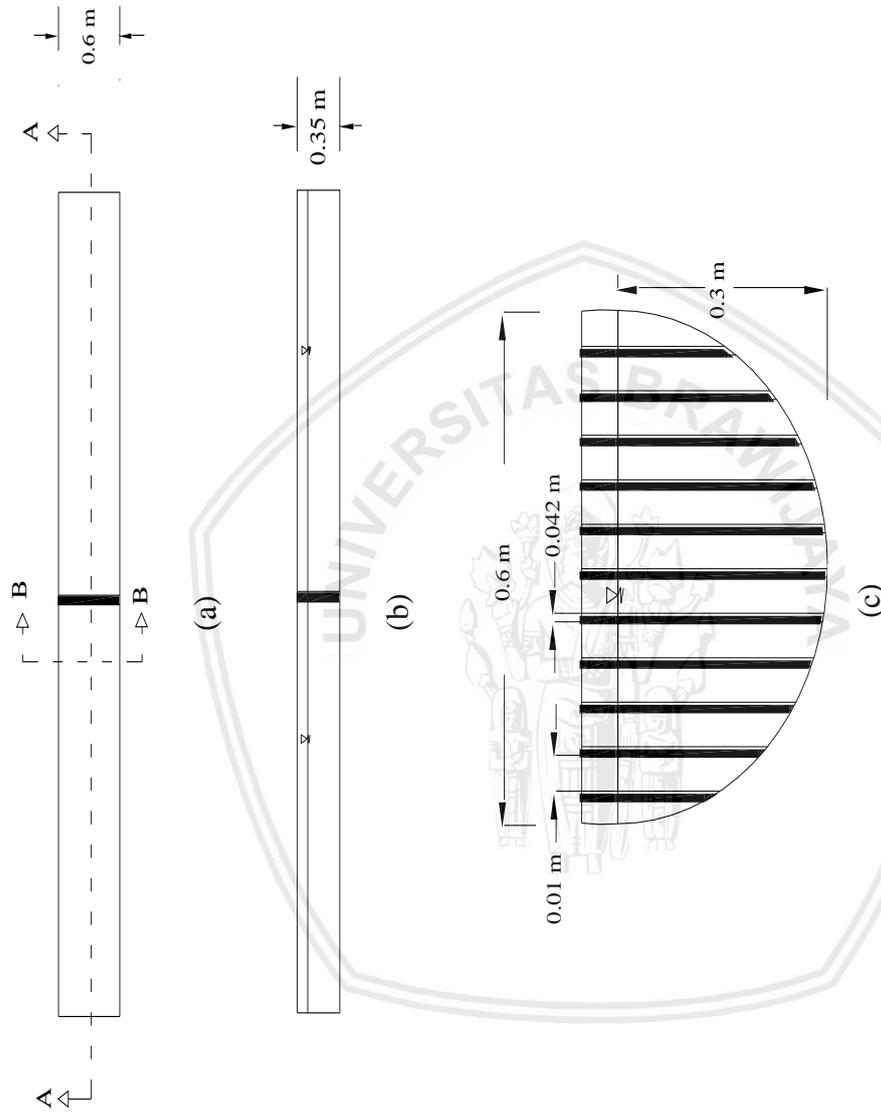
Jumlah bukaan antar batang :

$$n = \frac{b}{(B+D)} = \frac{0,6}{(0,03+0,01)} = 15 \text{ bukaan}$$

Jumlah batang = $n-1 = 15-1 = 14$ batang

Lebar bukaan efektif = $14 \times 0,03 = 0,042$ m

$$\text{Panjang batang screen yang terendam} = \frac{d}{\sin 60^0} = \frac{0,3}{0,866} = 0,346 \text{ m}$$



Gambar 4.3. (a) Denah bar screen (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B

Sumber : Olahan Peneliti

4.4.2. Perhitungan Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi memiliki fungsi sebagai tempat pencampuran air limbah supaya homogen dan mencegah fluktuasi debit pada bak pengolahan yang dapat mengganggu efisiensi proses pengolahan.

Proses kerja bak ekualisasi yaitu air limbah dari saluran pembuangan dikumpulkan pada bak ini, tujuannya untuk meratakan kandungan padatan, menyeragamkan konsentrasi zat pencemar dan menstabilkan fluktuasi debit, karena pada pengolahan biologis tidak tahan dengan polutan yang berubah-ubah, sehingga dengan adanya bak ekualisasi diharapkan nantinya pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bak ekualisasi ini dilengkapi dengan pompa untuk menyalurkan air limbah dari bak ekualisasi ke proses selanjutnya.

- Diketahui:

$$\text{Debit air limbah} = 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 3 \text{ jam}$$

Volume bak yang dibutuhkan :

$$V = \frac{td}{24} \times Q$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{3}{24} \times 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 152,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi ditetapkan sebesar :

$$\text{Lebar} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 6,8 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif} = 153 \text{ m}^3$$

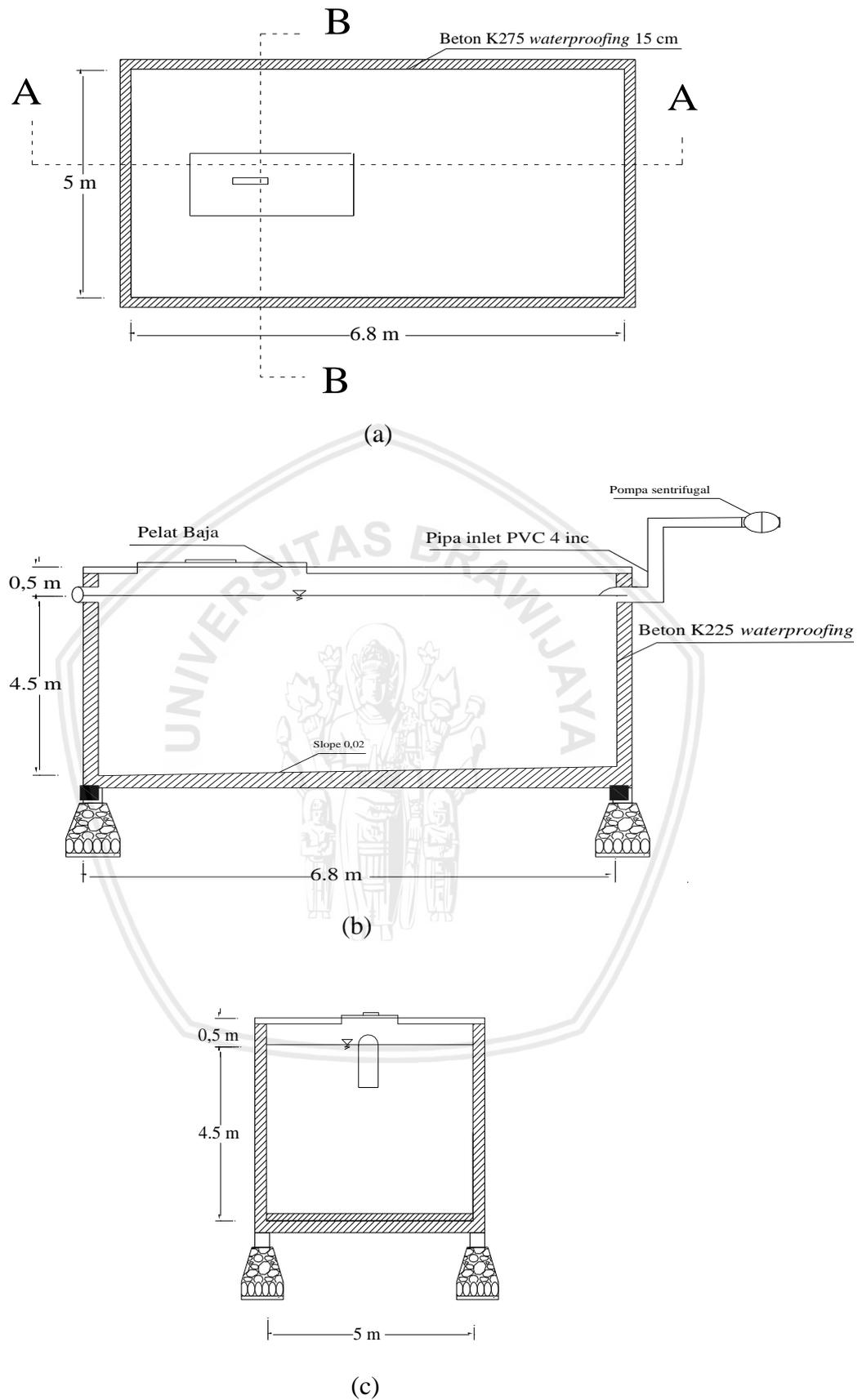
Check :

Waktu tinggal rata-rata

$$T = \frac{5\text{m} \times 4,5\text{m} \times 6,8\text{m}}{1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24 = 3 \text{ jam}$$

- Struktur outlet

Struktur outlet bak ekualisasi memakai pipa dengan diameter 4 inchi, hal ini sesuai spesifikasi dari diameter pipa hisap dan diameter pipa outlet yang dimiliki pompa. Pompa yang dipakai jenis sentrifugal untuk menyalurkan air limbah dari bak ekualisasi ke bak pengendap awal.



Gambar 4.4. (a) Denah bak ekualisasi, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B
 Sumber : Olahan Peneliti

Pompa berguna untuk membuang air dari bak pengendap akhir menuju ke badan air. Pompa yang dibutuhkan disesuaikan dengan debit limbah yang ada.

$$\begin{aligned}\text{Debit limbah} &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 845,175 \text{ lt/mnt}\end{aligned}$$

Berdasarkan debit limbah cair sebesar 845,175 lt/mnt maka dibutuhkan pompa dengan spesifikasi :

Kapasitas	: 600-1800 lt/mnt
Tipe	: Pompa <i>Centrifugal</i>
Total Head	: 7 m
Diameter <i>input</i> dan <i>output</i>	: 4 inchi
Daya Listrik	: 5,5 kw
Rekomendasi	: Pompa Pedrollo HF 30 B (atau setara)
Harga	: Rp 12.138.000

Spesifikasi pompa selengkapnya bisa dilihat pada lampiran.

4.4.3. Perhitungan Bak Pengendap Awal

Bak pengendap awal bertujuan untuk mengurangi pertikel padat yang teruspensi dalam air limbah dengan cara mengendapkan pada bak selama waktu tertentu, dengan mengendapkan padatan tersebut maka kandungan oraganik air limbah otomatis juga akan menurun. Air limbah yang berasal dari bak ekualisasi dipompa menuju bak pengendap awal. Pada bak ini air limbah diberi waktu untuk tinggal dan mengalir dengan kecepatan yang rendah agar padatan dapat mengendap secara gravitasi. Air dari bak pengendap ini selanjutnya akan dialirkan menuju bak anaerobik, sedangkan lumpur yang mengendap akan dibuang.

Pada bak pengendap ini setidaknya perbandingan panjang terhadap lebar adalah 2:1. Unit ini diharapkan dapat mengendapkan 50-70% padatan TSS serta menyisihkan 30-40% material organik. (Sakti Siregar, 2000, p.35), bak pengendap juga dilengkapi dengan slope 0,01-0,02. (Sakti Siregar, 2000, p.38).

- Diketahui :

Debit air limbah	= 1217,053 m ³ /hr
Waktu tinggal	= 6 jam
Efisiensi BOD	= 30%
Efisiensi COD	= 30%
Efisiensi TSS	= 60%
BOD _{masuk}	= 583,33 mg/ltr

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{masuk}} &= 604,17 \text{ mg/l} \\
 \text{TSS}_{\text{masuk}} &= 1458,33 \text{ mg/l} \\
 \text{BOD}_{\text{keluar}} &= 70\% \times 583,33 \\
 &= 408,331 \text{ mg/l} \\
 \text{COD}_{\text{keluar}} &= 70\% \times 604,14 \\
 &= 422,898 \text{ mg/l} \\
 \text{TSS}_{\text{keluar}} &= 40\% \times 1458,33 \\
 &= 583,332 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

- Volume bak yang diperlukan :

$$V = \frac{td}{24} \times Q$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{6}{24} \times 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \\
 &= 304,263 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Dimensi ditetapkan

$$\text{Lebar} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 13,6 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif} = 304,8 \text{ m}^3$$

Cek waktu tinggal rata-rata

$$T = \frac{6 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 12,7 \text{ m}}{1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24 = 6 \text{ jam}$$

- Beban permukaan

$$\begin{aligned}
 \text{Beban permukaan (surface loading)} &= \frac{Q \text{ limbah}}{\text{luas permukaan}} \\
 &= \frac{1217,053}{5 \times 13,6} = 18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}
 \end{aligned}$$

- Beban BOD, COD dan TSS di dalam limbah cair

$$\begin{aligned}
 \text{BOD} &= Q \text{ limbah} \times \text{kadar BOD} \\
 &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,583 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 709,542 \text{ kg/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD} &= Q \text{ limbah} \times \text{kadar COD} \\
 &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,604 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 735,1 \text{ kg/hr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} &= Q \text{ limbah} \times \text{kadar TSS} \\
 &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1,458 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$= 1774,463 \text{ kg/hr}$$

- Besarnya BOD, COD dan TSS yang dihilangkan pada bak pengendap awal

$$\text{BOD} = \text{Efisiensi} \times \text{Beban BOD}$$

$$= 30\% \times 709,542 \text{ kg/hr}$$

$$= 212,862 \text{ kg/hr}$$

$$\text{BOD} = \text{Efisiensi} \times \text{Beban BOD}$$

$$= 30\% \times 735,1 \text{ kg/hr}$$

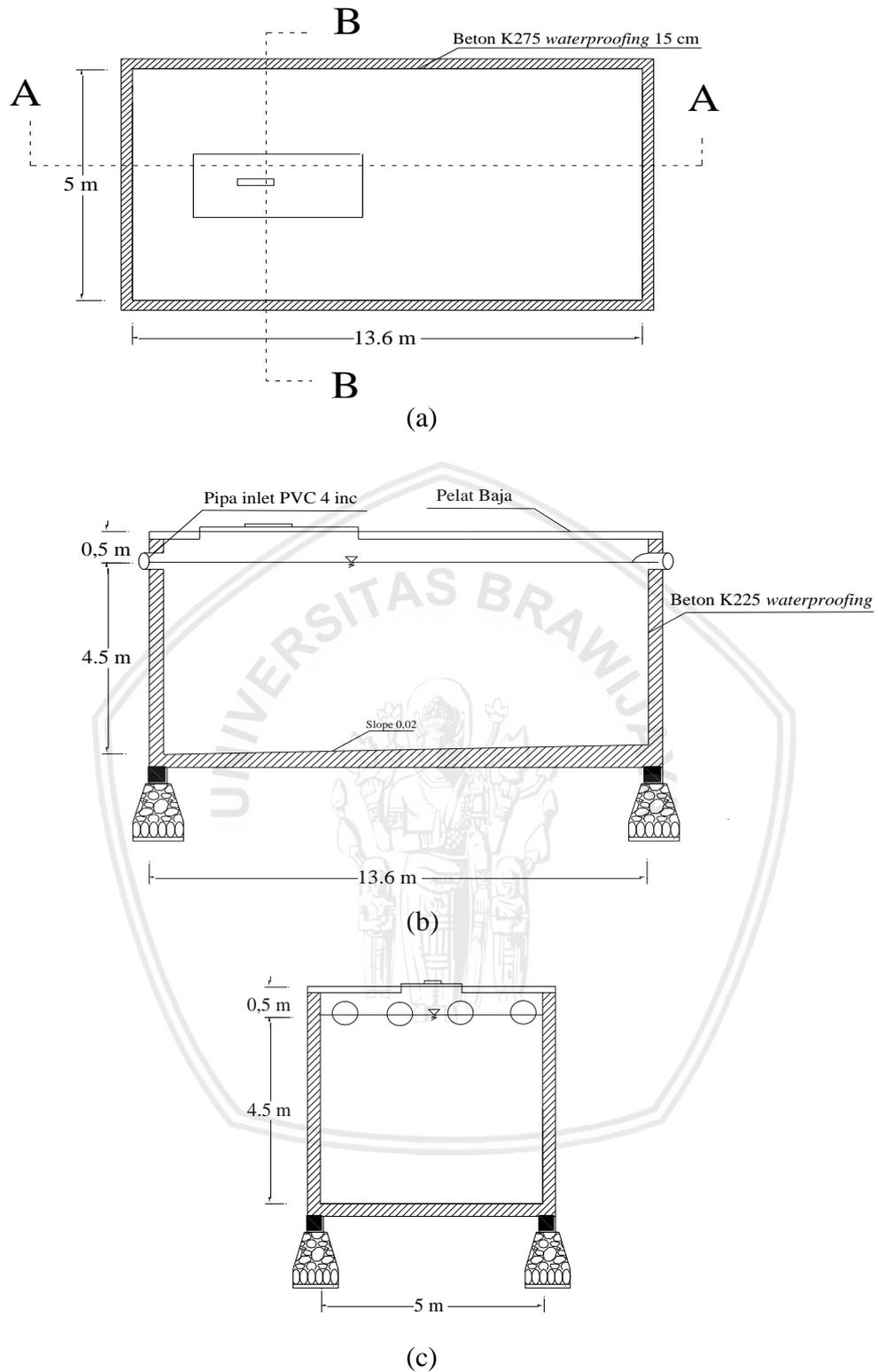
$$= 220,53 \text{ kg/hr}$$

$$\text{TSS} = \text{Efisiensi} \times \text{Beban TSS}$$

$$= 60\% \times 1774,463 \text{ kg/hr}$$

$$= 1064,6 \text{ kg/hr}$$





Gambar 4.5. (a) Denah pengendap awal, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B
 Sumber : Olahan Peneliti

4.4.4. Perhitungan Bak Anaerobik

Bak anaerobik ini direncanakan terdiri dari beberapa ruang atau kompartemen, air limbah mengalir dari atas ke bawah melalui serangkaian kompartemen tersebut, tujuannya agar air limbah mengalami kontak waktu yang lama dengan biomassa supaya hasil pengolahan lebih baik. Dalam bak anaerobik ini terjadi proses penguraian limbah cair oleh bakteri anaerob.

Pada unit bak anaerobik juga dilengkapi dengan media filter sarang tawon dengan tipe *crossflow*. Fungsi media filter adalah sebagai tempat tumbuhnya bakteri anaerob, bakteri ini akan membentuk lapisan film mikroorganisme setelah dioperasikan selama beberapa hari. Bakteri anaerob yang tumbuh pada permukaan media filter ini akan melakukan penguraian terhadap zat organik dalam air limbah. Pada proses pengolahan dengan cara anaerobik akan menghasilkan gas berupa metan, amoniak dan H₂S. Air hasil olahan bak anaerobik ini selanjutnya dialirkan ke bak aerobik. Berikut ini merupakan perencanaan dari bak anaerobik :

- Diketahui

$$\text{Debit air limbah} = 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Temperatur} = 28 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 8 \text{ jam}$$

$$\text{BOD}_{\text{masuk}} = 408,331 \text{ mg/lt}$$

$$\text{COD}_{\text{masuk}} = 422,898 \text{ mg/lt}$$

$$\text{TSS}_{\text{masuk}} = 583,332 \text{ mg/lt}$$

- Volume bak yang diperlukan

$$V = \frac{td}{24} \times Q$$

$$V = \frac{8}{24} \times 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 405,68 \text{ m}^3$$

- Dimensi bak anaerobik ditetapkan :

$$\text{Lebar} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 13,6 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif} = 408 \text{ m}^3$$

Cek Waktu tinggal rata-rata

$$T = \frac{6\text{m} \times 5\text{m} \times 13,6\text{m}}{1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24$$

$$= 8,04 \text{ jam}$$

- Dimensi kompartemen :

Kedalaman = 5 m

Panjang bak anaerobik = 13,6 m

Lebar = 6 m

Panjang kompartemen sekitar 0,5 - 0,6 dari kedalaman agar limbah yang masuk terdistribusi secara merata (Hermanto, 2008:98).

Panjang ditentukan = 3,37 m ~ 3,4 m

Jumlah kompartemen = 4 buah

$$V_{\text{kompartemen}} = 6 \times 5 \times 3,4$$

$$= 102 \text{ m}^3$$

- Volume media filter yang diperlukan

Perhitungan volume media filter berdasarkan pada besar beban BOD yang harus dihilangkan. Standar beban BOD untuk *high rate* dengan *packing* material plastik yaitu 0,6 - 3,2 kg BOD/m³ hari (Metcalf and Eddy, 2003, p.893).

Direncanakan standar beban BOD sebesar 2 kg BOD/m³ hr

Volume = Beban BOD(kg/hari) / Standar beban BOD (kg/m³.hari)

$$= Q \times \text{load BOD} / \text{Standar beban BOD (kg/m}^3 \cdot \text{hari)}$$

$$= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,349 \text{ kg/m}^3 / 2(\text{kg/m}^3 \cdot \text{hari)}$$

$$= 212,37 \text{ m}^3$$

Jumlah kompartemen adalah 4 buah, sehingga volume media filter masing – masing adalah $212,37 / 4 = 53,1 \text{ m}^3$

Dari volume tersebut ditentukan dimensi media filter tiap kompartemen yaitu :

Lebar = 6 m

Panjang = 2,7 m

Tinggi = 3,3 m

Dimensi standard satu buah media filter sarang tawon tipe *crossflow* adalah 1,2 m x 0,5 m x 0,6 m (ukuran yang tersedia di pasaran), maka jumlah media filter yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{vol media yg diperlukan}}{\text{vol satu buah media}} \\
 &= \frac{212,37}{0,36} \\
 &= 590 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Spesifikasi media biofilter



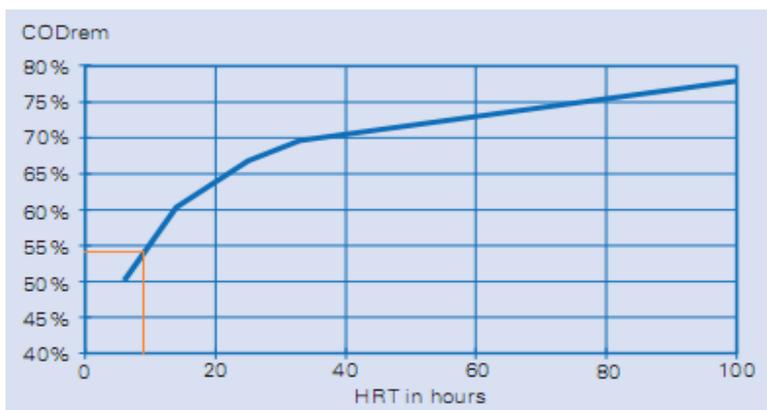
Gambar 4.6. Media Biofilter Tipe *Crossflow*

Sumber : Idaman Said (2005, p.280)

Tipe	: <i>Crossflow</i>
Ukuran Lubang	: 2 cm x 2 cm
Ketebalan	: 0,5 mm
Berat	: 30-35 kg/m ³
Porositas Rongga	: 0,98
Material Bahan	: PVC
Dimensi	: 1,2 m x 0,5 m x 0,6 m
Luas spesifik	: 150-240m ² /m ³

- Efisiensi

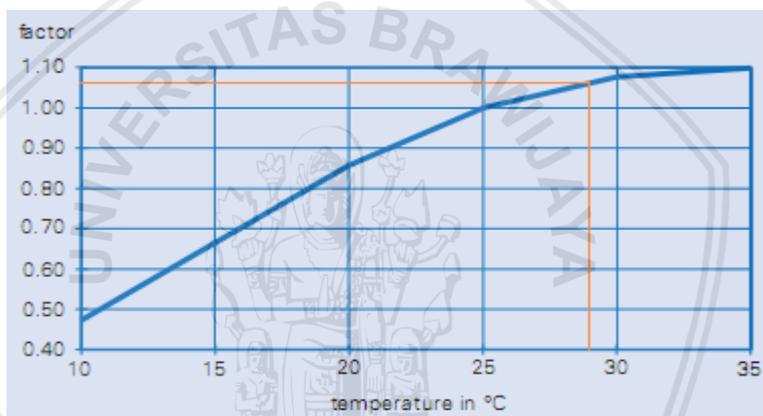
Untuk perkiraan penyisihan COD dari bak anaerobik yang filter ini didasarkan pada beberapa faktor yaitu faktor waktu tinggal, temperatur, *influent* dan luas permukaan spesifik filter. Faktor-faktor tersebut dikemas dalam gambar grafik 4.7 sampai 4.11 sebagai berikut :



Gambar 4.7. Grafik Hubungan Waktu Tinggal dan Faktor Pengaruhnya Terhadap Penyisihan COD.

Sumber : Sasse L (2009, p.255).

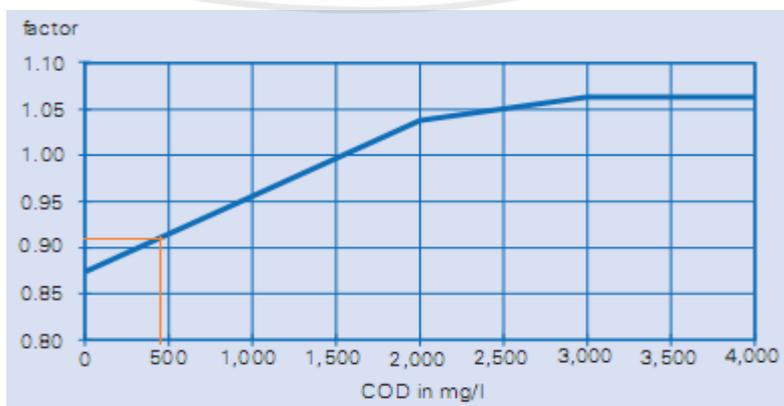
Berdasarkan grafik di atas, dari waktu tinggal yang direncanakan sebesar 8 jam didapatkan faktor $COD_{removal}$ sebesar 54%.



Gambar 4.8. Grafik Hubungan antara Temperatur dan Faktor Pengaruhnya Terhadap Penyisihan COD

Sumber : Sasse L (2009, p.255).

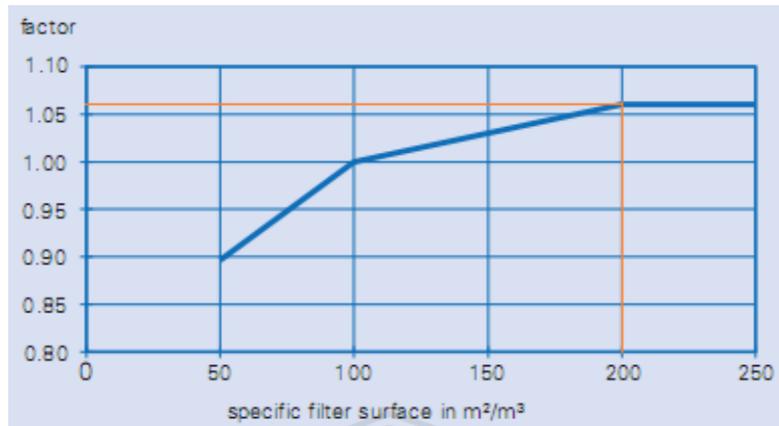
Berdasarkan temperatur air limbah yaitu sebesar $28^{\circ}C$, maka dari grafik di atas didapatkan nilai faktor sebesar 1,08.



Gambar 4.9. Grafik Hubungan antara Influent dan Faktor Pengaruhnya Terhadap Penyisihan COD

Sumber : Sasse L (2009, p.256).

Berdasarkan konsentrasi COD yang masuk ke anaerobik filter sebesar 422,82 mg/l, maka didapatkan nilai faktor sebesar 0,92.



Gambar 4.10. Grafik Hubungan antara Luas Permukaan Spesifik Filter dan Faktor Pengaruhnya Terhadap Penyisihan COD
Sumber : Sasse L (2009, p.256).

Jenis media sarang tawon tipe *crossflow* dengan luas permukaan spesifik 200m²/m³, berdasarkan grafik di atas maka didapatkan nilai faktor sebesar 1,06.

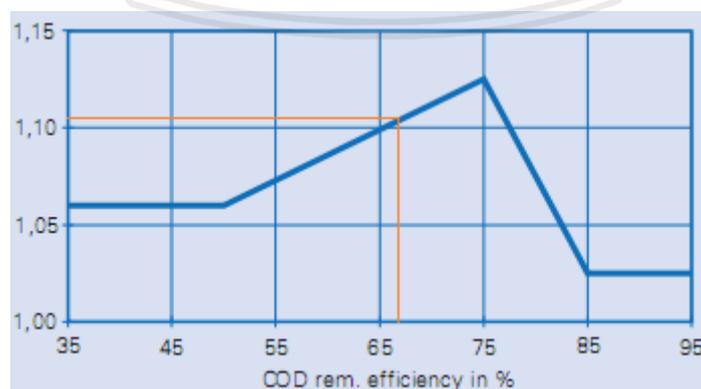
Faktor lain yang mempengaruhi efisiensi adalah jumlah kompartemen. Jumlah kompartemen yang lebih banyak akan memberikan efisiensi yang lebih tinggi, walaupun total volume efektifnya sama. Tambahan efisiensi sekitar 4% per kompartemen (Hermanto, 2008:115). Dalam perencanaan ini didesain kompartemen sebanyak 4 buah, maka tambahan efisiensi sebesar : $1+(4 \times 4\%) = 1,16$

Penentuan efisiensi COD :

$$F_{hrt} \times F_{temp} \times F_{influent} \times F_{luas\ spesifik\ filter} \times F_{jmlh\ komp} = 0,54 \times 1,08 \times 0,92 \times 1,06 \times 1,16$$

$$= 0,66$$

Penentuan efisiensi BOD :



Gambar 4.11. Grafik Rasio Pengurangan COD dengan Pengurangan BOD.
Sumber : Sasse L (2009, p.236).

Berdasarkan dari grafik di atas didapat nilai faktor sebesar 1,11

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi BOD} &= 1,11 \times \text{ef COD} \\ &= 1,11 \times 0,66 \\ &= 0,73\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi penurunan BOD} &= 73\% \times \text{BOD} \\ &= 73\% \times 408,331 \text{ mg/l} = 298,081 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi penurunan COD} &= 66\% \times \text{COD} \\ &= 66\% \times 422,898 \text{ mg/l} = 279,112 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi penurunan TSS} &= 70\% \times \text{TSS} \\ &= 70\% \times 583,332 \text{ mg/l} = 408,332 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

$$\text{BOD}_{\text{keluar}} = 408,331 - 298,081 = 110,25 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD}_{\text{keluar}} = 422,898 - 279,112 = 143,786 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS}_{\text{keluar}} = 583,332 - 408,332 = 175 \text{ mg/l}$$

- Beban BOD, COD dan TSS di dalam air limbah

$$\begin{aligned}\text{BOD} &= Q \text{ limbah} \times \text{kadar BOD} \\ &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,408 \text{ kg/m}^3 \\ &= 496,557 \text{ kg/hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD} &= Q \text{ limbah} \times \text{kadar COD} \\ &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,422 \text{ kg/m}^3 \\ &= 513,596 \text{ kg/hr}\end{aligned}$$

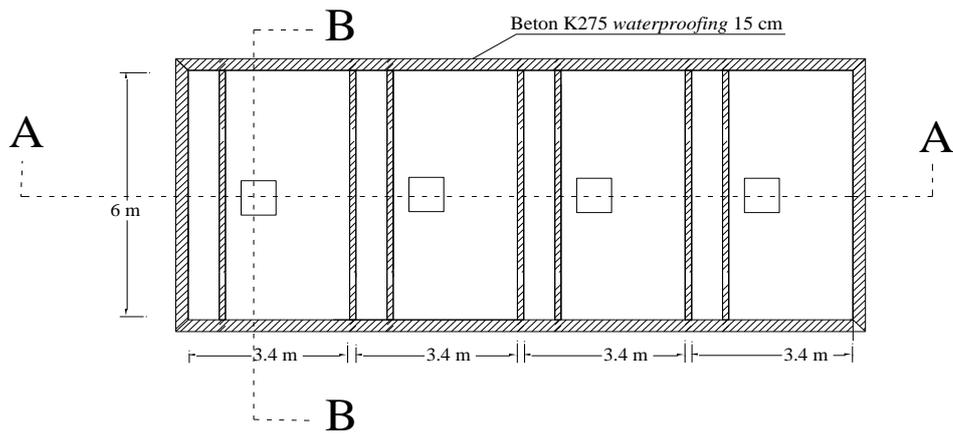
$$\begin{aligned}\text{TSS} &= Q \text{ limbah} \times \text{kadar TSS} \\ &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,583 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1115,736 \text{ kg/hr}\end{aligned}$$

- Besar BOD, COD dan TSS yang dihilangkan

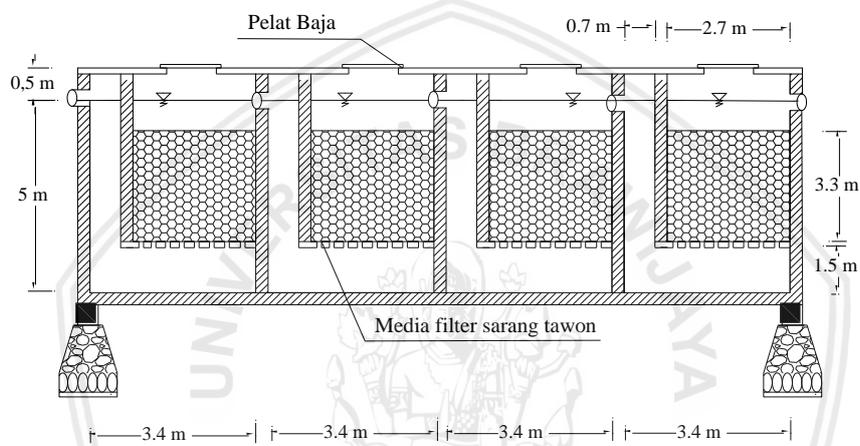
$$\begin{aligned}\text{BOD} &= \text{Efisiensi} \times \text{Beban BOD} \\ &= 73\% \times 496,557 \text{ kg/hr} = 362,486 \text{ kg/hr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD} &= \text{Efisiensi} \times \text{Beban COD} \\ &= 66\% \times 513,596 \text{ kg/hr} = 338,973 \text{ kg/hr}\end{aligned}$$

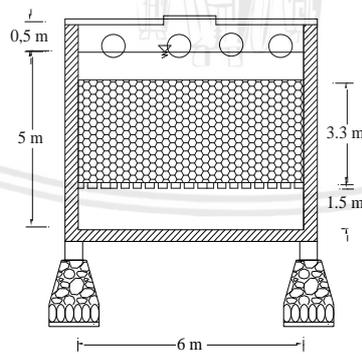
$$\begin{aligned}\text{TSS} &= \text{Efisiensi} \times \text{Beban TSS} \\ &= 70\% \times 1115,736 \text{ kg/hr} = 781,015 \text{ kg/hr}\end{aligned}$$



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.12. (a) Denah bak anaerobik, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B
 Sumber : Olahan Peneliti

4.4.5. Perhitungan Bak Aerobik

Setelah melalui pengolahan di bak anaerobik air limbah dialirkan ke bak aerobik, pada bak ini air limbah akan diaerasi atau dihembuskan dengan udara dan akan terjadi penguraian oleh bakteri aerob dalam air limbah. Untuk melakukan proses aerasi atau penghambusan udara tersebut bak aerobik dilengkapi dengan *blower* udara. Selain itu pada bak aerobik ini dilengkapi juga dengan media filter jenis sarang tawon, media ini akan menjadi tempat menempelnya mikroorganisme setelah beberapa hari beroperasi yang berguna untuk menguraikan zat organik. Air limbah dalam bak aerobik ini akan mengalami kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi di dalam air limbah ataupun yang melekat pada media filter, sehingga penguraian zat organik pun akan meningkat. Bak aerobik filter ini mempunyai efisiensi 75% - 95% (Said, 2012). Perencanaan bak aerobik adalah sebagai berikut :

- Diketahui

$$\text{Debit air limbah} = 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Efisiensi} = 80 \%$$

$$\text{BOD}_{\text{masuk}} = 110,25 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD}_{\text{masuk}} = 143,789 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS}_{\text{masuk}} = 175 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD}_{\text{keluar}} = 20\% \times 110,25 \text{ mg/l}$$

$$= 22,05 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD}_{\text{keluar}} = 20\% \times 143,789 \text{ mg/l}$$

$$= 28,757 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS}_{\text{keluar}} = 20\% \times 175 \text{ mg/l}$$

$$= 35 \text{ mg/l}$$

- Beban BOD, COD dan TSS di dalam air limbah

$$\text{BOD} = Q \text{ limbah} \times \text{kadar BOD}$$

$$= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,11 \text{ kg/m}^3$$

$$= 133,87 \text{ kg/hr}$$

$$\text{COD} = Q \text{ limbah} \times \text{kadar COD}$$

$$= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,143 \text{ kg/m}^3$$

$$= 174,038 \text{ kg/hr}$$

$$\text{TSS} = Q \text{ limbah} \times \text{kadar TSS}$$

$$= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,175 \text{ kg/m}^3$$

$$= 212,984 \text{ kg/hr}$$

- Besar BOD, COD dan TSS yang dihilangkan

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= \text{Efisiensi} \times \text{Beban BOD} \\ &= 80\% \times 133,87 \text{ kg/hr} = 107,096 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \text{Efisiensi} \times \text{Beban COD} \\ &= 80\% \times 174,038 \text{ kg/hr} = 139,23 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{Efisiensi} \times \text{Beban TSS} \\ &= 80\% \times 212,984 \text{ kg/hr} = 170,3872 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

- Volume media filter yang diperlukan

Volume media filter berdasarkan pada beban BOD yang perlu dihilangkan. Untuk *high rate* dengan *packing* material berupa plastik memiliki standar beban BOD 0,6 - 3,2 kg BOD/m³ hr (Metcalf and Eddy, 2003, p.893).

Direncanakan standar beban BOD yang dipakainya yaitu 1,7 kg BOD/m³ hari

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Beban BOD (kg/hari)} / \text{Standar beban BOD (kg/m}^3 \cdot \text{hari)} \\ &= Q \times \text{load BOD} / \text{Standar beban BOD (kg/m}^3 \cdot \text{hari)} \\ &= 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,11 \text{ kg/m}^3 / 1,7 \text{ (kg/m}^3 \cdot \text{hari)} \\ &= 78,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume bak aerobik

Volume media filter sebesar 50% dari volume efektif bak aerobik (Badan Litbang Dept. PU, Pd-T-04-2005-C, 2006, p.6). Sehingga volume dari bak aerobik adalah :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 100/50 \times \text{vol. Media} \\ &= 100/50 \times 78,7 \text{ m}^3 \\ &= 157,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Waktu tinggal rencana bak aerobik

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal} &= \frac{\text{Vol. bak}}{Q \text{ limbah}} \times 24 \text{ jam/hr} \\ &= \frac{122 \text{ m}^3}{1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24 \text{ jam/hr} \\ &= 3 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Dimensi

Direncanakan bak aerobik memiliki dua ruang, sehingga :

Dimensi ruang media filter :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 5 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 5 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 4,5 \text{ m} \\ \text{Freeboard} &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Volume efektif} = 112,5 \text{ m}^3$$

Dimensi ruang aerasi

$$\text{Panjang} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume efektif} = 67,5 \text{ m}^3$$

- Total volume efektif bak aerobik

$$\text{Vol total} = \text{Vol efektif ruang filter} + \text{Vol efektif ruang aerasi}$$

$$= 112,5 + 67,5$$

$$= 180 \text{ m}^3$$

Syarat : Vol bak \geq Vol rencana

$$: 180 \text{ m}^3 \geq 122 \text{ m}^3 \text{ (memenuhi)}$$

- Cek waktu tinggal

$$\text{Waktu tinggal} = \frac{\text{Vol.bak}}{Q \text{ limbah}} \times 24 \text{ jam/hr}$$

$$= \frac{180 \text{ m}^3}{1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 24 \text{ jam/hr}$$

$$= 3,5 \text{ jam}$$

- Jumlah media filter yang diperlukan

$$\text{Volume media filter} = 78,7 \text{ m}^3$$

Dimensi standard satu buah media filter sarang tawon tipe *crossflow* adalah 1,2 m x 0,5 m x 0,6 m (ukuran yang tersedia di pasaran), maka jumlah media filter yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{\text{vol media yg diperlukan}}{\text{vol satu buah media}}$$

$$= \frac{78,7}{0,36}$$

$$= 218,6 \sim 219 \text{ buah}$$

- Spesifikasi media biofilter

Tipe : *Crossflow*

Ukuran Lubang : 2 cm x 2 cm

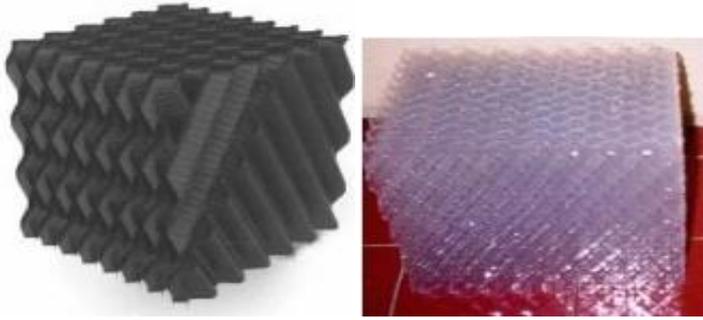
Ketebalan : 0,5 mm

Berat : 30-35 kg/m³

Porositas Rongga : 0,98

Material Bahan : PVC

Luas spesifik : 150-240 m²/m³



Gambar 4.13. Media Biofilter Tipe *Crossflow*
Sumber : Idaman Said (2005:280)

- Blower udara

Blower udara ditentukan berdasarkan keperluan oksigen yang digunakan untuk menyisihkan beban BOD. Keperluan oksigen pada bak aerobik berbanding lurus dengan jumlah BOD yang akan direduksi. Maka kebutuhan oksigennya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan oksigen} &= 80\% \times \text{Beban BOD} \\ &= 80\% \times 110,25 \\ &= 88,2 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

Untuk faktor keamanan (*FS*), dipakai angka *FS* sebesar 1,6, yaitu faktor kemanan untuk *packing* plastik *crossflow* (Metcalf & Eddy, 2003, p.905)

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan oksigen} &= FS \times \text{Beban BOD} \\ &= 1,6 \times 88,2 \\ &= 141,12 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

- Penentuan kapasitas *blower*

Demand terhadap udara teoritis untuk menentukan kapasitas blower (Said and Widayat, 2013, p.120):

$$\text{Temperatur udara rata-rata} = 28^{\circ} \text{C}$$

$$\text{Estimasi jumlah oksigen di udara} = 23,2\%$$

Massa jenis udara di suhu 28⁰ yaitu :

$$\rho\alpha = \frac{P.M}{R.T}$$

$$P = \text{Tekanan atmosfer} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$M = \text{Mol udara} = 28,97 \text{ kg/kg-mol}$$

$$R = \text{Konstanta gas universal} = 8314 \text{ N.m/kg-mol.K}$$

$$\rho\alpha = \frac{(1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2) \times (28,97 \text{ kg/kg-mol})}{(8314 \text{ N.m/kg-mol.K}) \times (273,15 + 28) \text{ K}} = 1,172 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan udara} &= \text{kebutuhan oksigen} / \rho\alpha \\ &= 141,12 / (1,172 \times 23,2\%) \\ &= 519 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi diffuser} = 10\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara aktual} &= \text{Jml kebutuhan udara teoritis} / \text{Ef.diffuser} \\ &= 519\text{m}^3/\text{hr} / 0,1 \\ &= 5190 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 3,6 \text{ m}^3/\text{mnt} \\ &= 3600 \text{ l/mnt} \end{aligned}$$

- Spesifikasi *blower*

Kebutuhan udara aktual = 3600 ltr/mnt, maka spesifikasi blower yang digunakan yaitu:

$$\text{Kapasitas} = 3800\text{ltr/mnt}$$

$$\text{Daya} = 1500 \text{ watt}$$

$$\text{Dimensi} = 332 \times 328 \times 358 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah} = 2 \text{ unit (dipakai bergantian)}$$

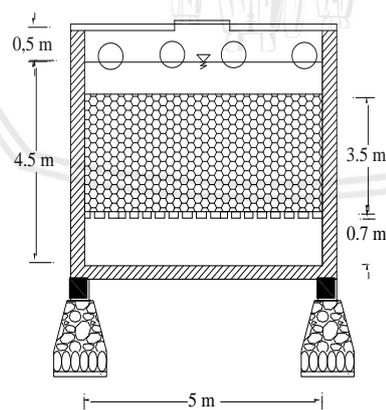
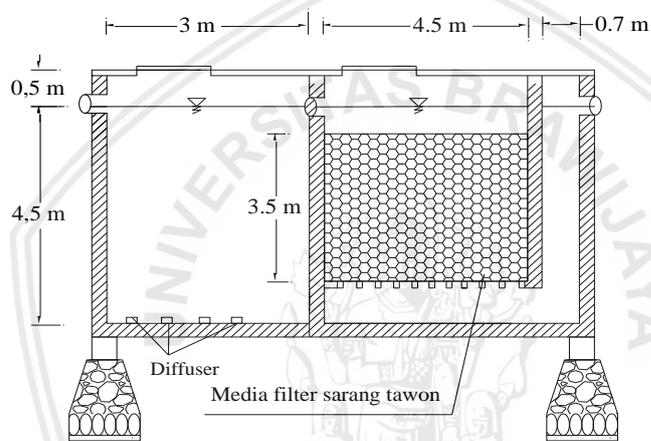
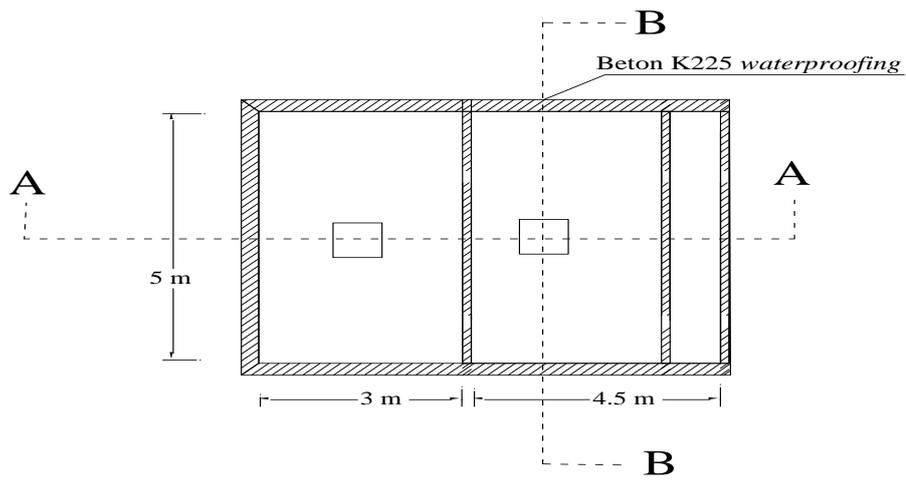
$$\text{Rekomendasi} = \text{Blower Jqt 1500c}$$

$$\text{Harga} = \text{Rp } 5.200.000$$

- *Diffuser*

$$\text{Total transfer udara} = 3800 \text{ ltr/mnt}$$

$$\text{Tipe diffuser} = \text{Type ecorator 1000 (diffuser model silinder)}$$



Gambar 4.14. (a) Denah bak aerobik, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B
 Sumber : Olahan Peneliti

4.4.6. Perhitungan Bak Pengendap Akhir

Effluent dari bak aerobik pada parameter TSS masih diatas baku mutu air limbah, yaitu sebesar 35 mg/lit sedangkan baku mutu sebesar 30 mg/lit, maka dibutuhkan lagi pengolahan untuk mengurangi beban TSS dengan menggunakan bak pengendap. Pada bak pengendap akhir ini hampir sama seperti bak pengendap awal, air yang berasal dari bak aerobik masuk ke bak pengendap akhir akan diberikan kesempatan untuk tinggal, untuk mengendapkan partikel tersuspensi dari air limbah. Tahap ini merupakan tahap pengolahan terakhir dari perencanaan IPAL.

Air hasil dari proses pengolahan ini selanjutnya akan langsung dibuang ke badan air. Efisiensi pada bak pengendap akhirdiharapkan dapat mengurangi 85 % TSS, 15 % BOD dan 15 % COD (BPPT, 2002). Bak pengendap juga dilengkapi dengan slope 0,01 – 0,02 (Sakti Siregar, 2000, p.38).

- Diketahui :

$$\text{Debit air limbah} = 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Efisiensi BOD} = 15\%$$

$$\text{Efisiensi COD} = 15\%$$

$$\text{Efisiensi TSS} = 85\%$$

$$\text{Waktu tinggal} = 5 \text{ jam}$$

$$\text{BOD}_{\text{masuk}} = 22,05 \text{ mg/lit}$$

$$\text{COD}_{\text{masuk}} = 28,757 \text{ mg/lit}$$

$$\text{TSS}_{\text{masuk}} = 35 \text{ mg/lit}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{keluar}} &= 85\% \times 22,05 \text{ mg/lit} \\ &= 19,125 \text{ mg/lit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{keluar}} &= 85\% \times 28,757 \text{ mg/lit} \\ &= 24,443 \text{ mg/lit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{keluar}} &= 15\% \times 35 \text{ mg/lit} \\ &= 5,25 \text{ mg/lit} \end{aligned}$$

- Volume bak yang diperlukan :

$$V = \frac{td}{24} \times Q$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{5}{24} \times 1217,053 \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 253,55 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi ditetapkan

$$\text{Lebar} = 5\text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 4,5\text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 11,3\text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,5\text{ m}$$

$$\text{Volume efektif} = 254,25\text{ m}^3$$

Cek waktu tinggal rata-rata

$$T = \frac{5\text{ m} \times 4,5\text{ m} \times 11,3\text{ m}}{1217,053\text{ m}^3/\text{hr}} \times 24$$

$$= 5\text{ jam}$$

- Beban permukaan

$$\text{Beban permukaan (surface loading)} = \frac{Q \text{ limbah}}{\text{luas permukaan}}$$

$$= \frac{1217,053}{5 \times 11,3} = 21,54\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$$

- Beban BOD, COD dan TSS di dalam limbah cair

$$\text{BOD} = Q \text{ limbah} \times \text{kadar BOD}$$

$$= 1217,053\text{ m}^3/\text{hr} \times 0,583\text{ kg/m}^3$$

$$= 709,542\text{ kg/hr}$$

$$\text{COD} = Q \text{ limbah} \times \text{kadar COD}$$

$$= 1217,053\text{ m}^3/\text{hr} \times 0,604\text{ kg/m}^3$$

$$= 735,1\text{ kg/hr}$$

$$\text{TSS} = Q \text{ limbah} \times \text{kadar TSS}$$

$$= 1217,053\text{ m}^3/\text{hr} \times 1,458\text{ kg/m}^3$$

$$= 1774,463\text{ kg/hr}$$

- Besar BOD, COD dan TSS yang dihilangkan pada bak pengendap awal

$$\text{BOD} = \text{Efisiensi} \times \text{Beban BOD}$$

$$= 30\% \times 709,542\text{ kg/hr}$$

$$= 212,862\text{ kg/hr}$$

$$\text{COD} = \text{Efisiensi} \times \text{Beban COD}$$

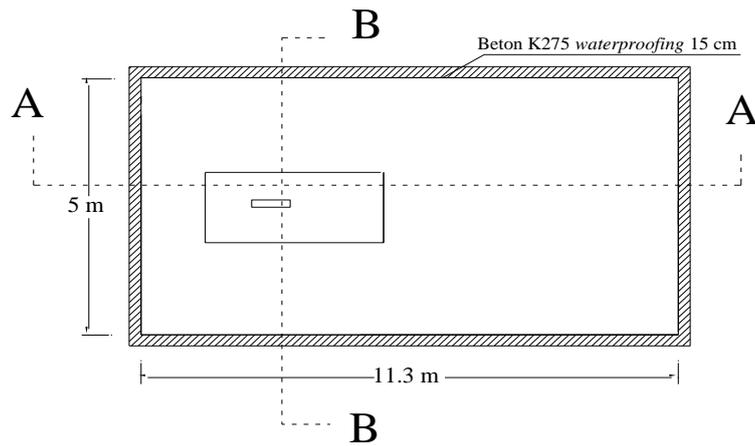
$$= 30\% \times 735,1\text{ kg/hr}$$

$$= 220,53\text{ kg/hr}$$

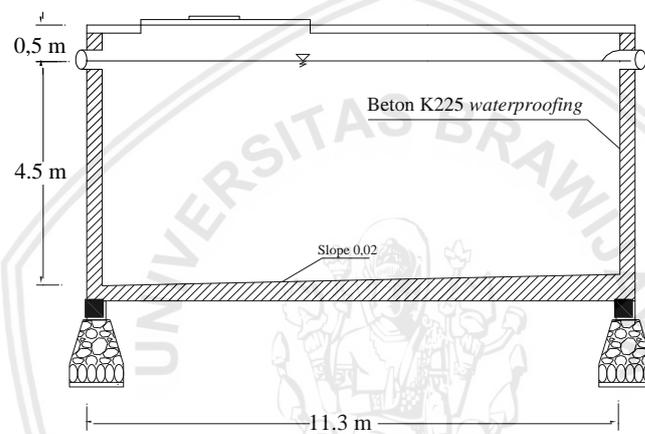
$$\text{TSS} = \text{Efisiensi} \times \text{Beban TSS}$$

$$= 60\% \times 1774,463\text{ kg/hr}$$

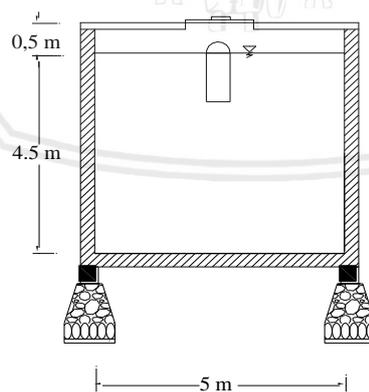
$$= 1064,6\text{ kg/hr}$$



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.15. (a) Denah bak pengendap akhir, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B
 Sumber : Olahan Peneliti

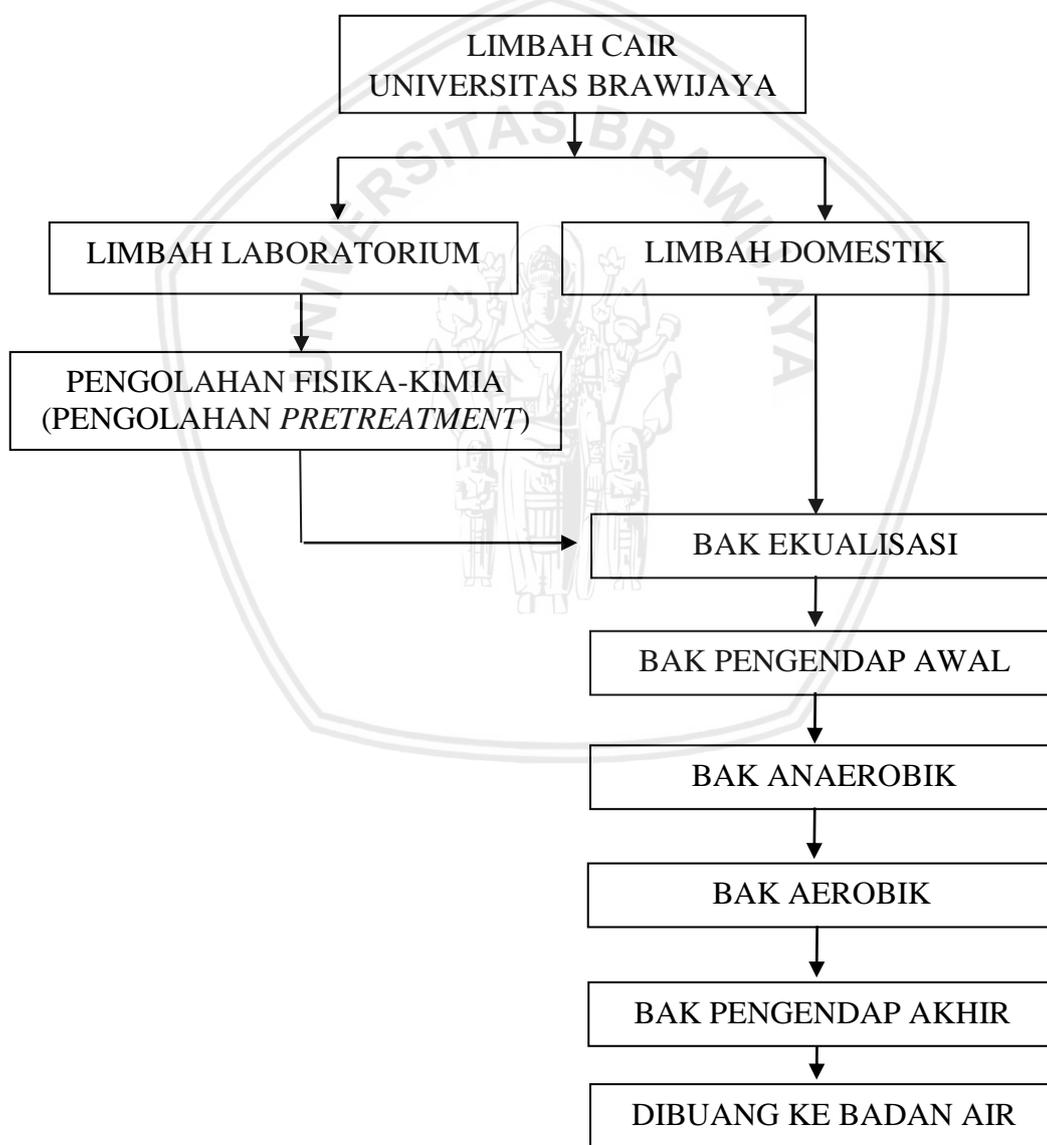
4.4.7. Proses IPAL untuk Limbah Cair Universitas Brawijaya

Secara garis besar proses pengolahan limbah cair oleh IPAL terpuast di Universitas Brawijaya adalah :

1. Air limbah yang dihasilkan dari Universitas Brawijaya terdiri dari dua jenis yaitu limbah laboratorium dan limbah domestik, untuk limbah laboratorium dilakukan *pretreatment* dahulu untuk menetralkan asam basa, selanjutnya dialirkan bersama limbah domestik.
2. Selanjutnya air ditampung di bak ekualisasi, pada bak ini terjadi penampuran air limbah supaya homogen serta menstabilkan fluktuasi debit agar efisiensi proses pengolahan tidak terganggu. Bak ekualisasi dilengkapi dengan pompa, air limbah dari bak ekualisasi selanjutnya dipompa menuju bak pengendap awal.
3. Air limbah yang terkumpul di bak ekualisasi kemudian dipompa menuju bak pengendap awal. Pada bak ini air limbah diberi waktu untuk tinggal mengendapkan padatan tersuspensi secara gravitasi serta mereduksi zat organik. Bak ini diharapkan dapat mengurangi kadar TSS sebesar 60%.
4. Air limbah yang sudah masuk ke bak pengendap awal lalu dialirkan menuju bak anaerobik yang dilengkapi dengan media filter dengan arah aliran dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. Bak anaerobik ini terdiri dari beberapa kompartemen, tiap kompartemen diisi dengan media filter. Jumlah kompartemen anaerob ditentukan sesuai dengan kualitas dan jumlah air limbah yang akan diolah. Setelah dilakukan operasi selama beberapa hari akan tumbuh lapisan film mikroorganisme pada permukaan, lapisan bakteri inilah yang akan menguraikan zat organik pada air limbah. Pada bak anaerobik air limbah akan disaring oleh mikroorganisme yang melekat pada permukaan media filter. Efisiensi pada bak ini diperkirakan sebesar 70% untuk TSS, 73% untuk BOD, dan 66% untuk COD.
5. Air dari bak anaerobik dilimpaskan menuju bak aerobik. Pada bak aerobik ini diisi dengan media filter sarang tawon, serta dihembus dengan udara atau diaerasi supaya jumlah oksigen dalam air meningkat untuk digunakan mikroorganisme menguraikan zat organik. Air limbah dalam bak aerobik ini akan mengalami kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi di dalam air ataupun yang melekat pada media filter. Bak ini direncanakan mempunyai efisiensi 80%.
6. Setelah proses pengolahan di bak aerobik kemudian limbah cair dilimpaskan menuju bak pengendap akhir. Bak pengendap akhir ini hampir sama seperti bak pengendap awal, air limbah yang berasal dari bak anaerobik masuk ke bak

pengendap akhir akan diberikan kesempatan untuk tinggal, untuk mengendapkan partikel tersuspensi dari air limbah. Tahap ini merupakan tahap pengolahan terakhir dari perencanaan IPAL. Air hasil dari proses pengolahan ini selanjutnya akan langsung dibuang ke badan air.

Pengolahan ini diharapkan mampu mereduksi kadar bahan organik (TSS, BOD, dan COD) yang terdapat pada air limbah sesuai dengan standar mutu air limbah domestik yang sudah ditentukan oleh pemerintah, sehingga air limbah dapat dialirkan dengan aman menuju ke badan air. Berikut di bawah ini merupakan diagram proses pengolahan air limbah di Universitas Brawijaya.



Gambar 4.16. Diagram Proses Pengolahan Limbah Cair Universitas Brawijaya
Sumber : Olahan Peneliti

4.5. Hasil Pengolahan (*Effluent*)

Berikut ini merupakan kualitas *effluent* tiap-tiap ruang IPAL berdasarkan hasil dari perhitungan IPAL di atas :

Tabel 4.6
Perkiraan kualitas *effluent* di Tiap Proses Pengolahan

No	Bangunan Pengolahan	BOD	COD	TSS	Volume Bak (m ³)	Waktu Tinggal (Jam)
	<i>Influent</i>	583,33	604,17	1458,33		
1	Bak Pengendap Awal	30% 408,331	30% 422,898	60% 583,332	304,8	6
2	Bak Anaerobik	73% 110,25	66% 143,786	70% 175	408	8
3	Bak Aerobik	80% 22,05	80% 28,757	80% 35	122	3,5
4	Bak Pengendap Akhir	15% 19,125	15% 24,443	85% 5,25	254,25	5

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan desain IPAL yang direncanakan, diharapkan *effluent* yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair Universitas Brawijaya ini adalah :

$$\text{BOD} = 19,125 \text{ mg/lt}$$

$$\text{COD} = 24,443 \text{ mg/lt}$$

$$\text{TSS} = 5,25 \text{ mg/lt}$$

Tabel 4.7
Perbandingan Kualitas *Effluent* IPAL Terpusat Universitas Brawijaya dengan Baku Mutu.

Parameter	Kadar (mg/lt)	Baku Mutu (mg/lt)
BOD	19,125	30
COD	24,443	100
TSS	5,25	30

Sumber : Hasil Perhitungan

Melalui proses pengolahan air limbah oleh IPAL terpusat Universitas Brawijaya ini *effluent* yang dihasilkan sudah memenuhi baku mutu air limbah domestik yang ditentukan oleh pemerintah dalam Permen LH dan Kehutanan no 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

4.6. Perencanaan Biaya Pembangunan IPAL

Dalam pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) diperlukan acuan berdasarkan harga satuan pekerjaan konstruksi yang berlaku di daerah setempat dan jumlah/volume dari tiap pekerjaan. Untuk rincian analisis harga satuan pekerjaan serta perhitungan rencana anggaran biaya untuk pembangunan konstruksi IPAL terpusat di Universitas Brawijaya dapat dilihat pada lampiran. Selanjutnya di bawah ini merupakan perhitungan rencana anggaran biaya pekerjaan pembangunan IPAL terpusat Universitas Brawijaya.

Tabel 4.8

Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya

NAMA KEGIATAN : PEMBANGUNAN IPAL TERPUSAT UNIVERSITAS BRAWIJAYA					
LOKASI : KETAWANGGEDE, KOTA MALANG					
No	Jenis Pekerjaan	Vol.	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pembersihan lokasi pekerjaan	319,8	m ²	14.500	4.637.100
2	Bouwplank pengukuran	172,6	m	21.337,8	3.682.904,28
JUMLAH PEKERJAAN PERSIAPAN					8.320.004,28
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian tanah pondasi	55,725	m ³	65.000	3.622.125
2	Galian bak insalasi	1.644,1	m ³	95.000	156.189.500
JUMLAH PEKERJAAN TANAH					159.811.625
III	PEKERJAAN STRUKTUR				
1	Anstampeng batu kali	17,832	m ³	436.365,78	7.781.274,589
2	Pasangan pondasi batu kali	66,87	m ³	912.666,5	61030008.86
3	Pemasangan balok sloof	4,458	m ³	268.090,4	1195147.003
4	Beton K225	301,56	m ³	1.210.292,86	364.975.914,9
5	Pembesian Ø22	850	bh	300.000	255.000.000
	Ø16	150	bh	180.000	27.000.000
	Ø12	724	bh	100.000	72.400.000
	Ø10	109	bh	70.000	7.630.000
	Ø8	56	bh	40.000	2.240.000
	Ø6	9	bh	24.000	216.000
6	Bekisting dan pembongkaran	1878,2	m ²	280.542	526.913.984,4
JUMLAH PEKERJAAN STRUKTUR					1.326.382.330
IV	PEKERJAAN DINDING				
1	Cat dinding luar	206,1	m ²	30.822,19	6.352.453,359
2	Acian	992,6	m ²	33.738	33.488.338,8
3	Pelapisan Waterproof	874,8	m ²	86.363,69	75.550.956,01
JUMLAH PEKERJAAN DINDING					11.5391.748,2

Lanjutan Tabel 4.8 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya

V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pipa PVC Ø 4"	3	m	73.947,4	221.842,2
2	Pipa PVC Ø 6"	3	m	227.472	682.416
JUMLAH PEKERJAAN PERPIPAAN					904.258,2
VI	PEKERJAAN ELEKTRIKAL				
1	Pemasangan instalasi listrik	1	Ls	1000000	1000000
2	Pemasangan pompa	1	Ls	12138000	12138000
3	Pemasangan Blower	2	Ls	5200000	10400000
JUMLAH PEKERJAAN ELEKTRIKAL					23538000
VII	PEKERJAAN LAIN-LAIN				
1	Pemasangan tutup dan pintu besi	1	Ls	1000000	1000000
2	Pembersihan lokasi	1	Ls	200000	200000
JUMLAH PEKERJAAN LAIN-LAIN					1200000
V	PEKERJAAN PERPIPAAN				
1	Pipa PVC Ø 4"	3	m	73.947,4	221842.2
2	Pipa PVC Ø 6"	3	m	18.0000	540000
JUMLAH PEKERJAAN PERPIPAAN					761842.2
VI	PEKERJAAN ELEKTRIKAL				
1	Pemasangan instalasi listrik	1	Ls	1000000	1000000
2	Pemasangan pompa	1	Ls	12138000	12138000
3	Pemasangan Blower	2	Ls	5200000	10400000
JUMLAH PEKERJAAN ELEKTRIKAL					23538000
VII	PEKERJAAN LAIN-LAIN				
1	Pemasangan tutup dan pintu besi	1	Ls	1000000	1000000
2	Pembersihan lokasi	1	Ls	200000	200000
JUMLAH PEKERJAAN LAIN-LAIN					1200000

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan rancangan anggaran biaya per uraian pekerjaan di atas, selanjutnya keseluruhan jumlah total biaya ditambah dengan biaya ppn sebesar 10%, berikutnya di bawah ini merupakan rekapitulasi dari perhitungan rancangan anggaran biaya.

Tabel 4.9

Rekapitulasi Rancangan Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	8.320.004,28
II	Pekerjaan Tanah	159.811.625
III	Pekerjaan Struktur	1.326.382.330

Lanjutan Tabel 4.9 Rekapitulasi Rancangan Anggaran Biaya

IV	Pekerjaan Dinding	115.391.748,2
V	Pekerjaan Perpipaan	904.258,2
VI	Pekerjaa Elektrikal	23.538.000
VII	Pekerjaan Lain-lain	1.200.000
	Jumlah	1.635.547.965
	PPN 10%	163.554.796,5
	Jumlah Total	1.799.102.762
	Dibulatkan	1.799.103.000,00
Satu Milyar Tujuh Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Seratus Tiga Ribu		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel di atas merupakan rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya pada pembangunan IPAL terpusat Universitas Brawijaya. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB) sebesar Rp 1.799.103.000,00 (Satu Milyar Tujuh Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Seratus Tiga Ribu Rupiah), dengan nilai tersebut diperkirakan seluruh parameter *effluent* air limbah telah memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan pemerintah.

4.7. Operasional dan Perawatan IPAL

4.7.1. Operasional IPAL

Untuk pengeporasian IPAL, berikut ini merupakan hal – hal yang harus diperhatikan :

1. Langkah pertama dalam pengoperasian IPAL yaitu melakukan persiapan seluruh peralatan mekanikal dan elektrikal supaya berfungsi dengan baik.
2. Dilakukan pengecekan dan pembersihan manual limbah padat atau sampah pada *bar screen* setidaknya satu hari sekali.
3. Limbah cair domestik setelah melewati *bar screendialir*kan menuju ke bak ekualisasi untuk menstabilkan fluktuasi air limbah. Bak ini dilengkapi dengan pompa sentrifugal yang bekerja secara otomatis, apabila air ada di atas permukaan minimum akan memompa air limbah menuju bak pengendap awal.
4. Debit pompa diatur sesuai dengan kapasitas IPAL sebesar 845,17 lt/mnt.
5. Bak pengndap awal bekerja secara gravitasi, air limpasan dari bak pengendap awal diarahkan ke bak anaerobik yang dilengkapi media filter, sedangkan endapannya akan dibuang.
6. Pada bak anaerobik untuk pengoperasian IPAL pertama kali (*start up*) agar bakteri pada media filter dapat tumbuh dan bekerja secara normal dibutuhkan waktu sekitar

3 bulan (Rudi N & Satmoko,2014, p.40). Pertumbuhan bakteri ditandai dengan adanya lapisan biofilm pada permukaan media filter

7. Air limbah dari bak anaerobik dilimpaskan menuju bak aerobik. Pada bak aerobik air limbah ditambahkan oksigen melalui diffuser menggunakan blower, terdapat dua buah blower yang digunakan bergantian. Bak aerobik juga dilengkapi media filter seperti halnya bak anaerobik.
8. Pada bak pengendap akhir sama seperti bak pengendap awal yaitu bekerja secara gravitasi, endapan yang ada pada bak ini akan dibuang.
9. Untuk pengoperasian awal seluruh bak di dalam IPAL harus terisi penuh semuanya.
10. Setelah pengoperasian berjalan, secara berkala perlu dilakukan pemeriksaan air dalam rentang waktu 6 bulan. Kemudian pemeriksaan secara berkala dilakukan minimal satu tahun sekali.

4.7.2. Perawatan IPAL

Hal-hal yang harus diperhatikan saat IPAL mulai beroperasi :

1. Usahakan jangan ada limbah padat yang masuk ke dalam proses pengolahan pada sistem IPAL. Sampah atau limbah padat tersebut dikawatirkan dapat mengganggu proses pengolahan.
2. Perlu dilakukan pembersihan endapan lumpur yang tidak terurai secara biologis di bak pengendap setidaknya 3 bulan sekali atau sesuai kebutuhan.
3. Perawatan pompa dan blower dapat dilakukan sekitar 4 bulan sekali, atau menurut buku panduan pada produk yang digunakan.

4.7.3. Biaya Operasional IPAL

Pada biaya operasional IPAL dihitung berdasarkan penggunaan peralatan elektronik yang terdiri dari pompa air limbah, blower udara. Rincian perhitungan biaya operasional IPAL adalah sebagai berikut :

- Pompa air limbah beroperasi 10 jam/hari

$$\begin{aligned} \text{Pompa air limbah} &= 1 \times 5500 \text{ watt} = 5500 \text{ watt} \\ \text{Jumlah Kwh per hari} &= 5500 \times 10 = 55000 \text{ wh} \\ &= 55 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

- Blower Udara beroperasi 24 jam/hari

$$\begin{aligned} \text{Blower} &= 1 \times 1500 \text{ watt} = 1500 \text{ watt} \\ \text{Jumlah Kwh per hari} &= 1500 \times 24 = 36000 \text{ wh} \\ &= 36 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

$$\text{Harga listrik per Kwh} = \text{Rp. 1352 ,-}$$

- Total biaya listrik per hari = $(55+36) \times 1352$
= Rp. 123.032,-
Biaya listrik per bulan = $30 \times \text{Rp. } 123.032,-$
= Rp. 3.691.000,-
- Tota biaya operasional IPAL = Rp. 123.032,- / $1217,053 \text{ m}^3/\text{hr}$
= Rp. 101,- per m^3 air limbah





(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Terpusat di Universitas Brawijaya ini adalah sebagai berikut :

1. Kondisi eksisting IPAL di Universitas Brawijaya sistem *on-site* berupa *septic tank* yang terdapat di sisi bangunan dan juga di bawah jalur pedestrian.
2. Air limbah yang dihasilkan oleh Universitas Brawijaya adalah sebesar 1217,053 m³/hari
3. Berikut ini adalah data kuantitas dan kualitas air limbah domestik Universitas Brawijaya :
 - a. Total debit air limbah : 1217,053 m³/hari
 - b. BOD : 583,33 mg/l (tidak memenuhi baku mutu)
 - c. COD : 604,17 mg/l (tidak memenuhi baku mutu)
 - d. TSS : 1458,33 mg/l (tidak memenuhi baku mutu)

Kualitas air limbah domestik yang dihasilkan dari berbagai kegiatan di Universitas Brawijaya belum memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No 68 Tahun 2016.

4. Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) direncanakan dengan tiga tahap pengolahan yaitu meliputi *bar screen*, bak ekualisasi, bak pengendap awal, bak anaerob, bak aerob dan bak pengendap akhir. Dari hasil perhitungan dimensi didapatkan luas lahan untuk pembangunan IPAL sebesar 264 m².
5. Dari perencanaan pengolahan limbah cair, didapatkan perkiraan *effluent* memenuhi baku mutu air limbah domestik berdasarkan Peraturan menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Di bawah ini merupakan perkiraan air limbah dari proses pengolahan IPAL :
 - a. BOD : 19,125 mg/l (memenuhi baku mutu)
 - b. COD : 24,443 mg/l (memenuhi baku mutu)
 - c. TSS : 5,25 mg/l (memenuhi baku mutu)

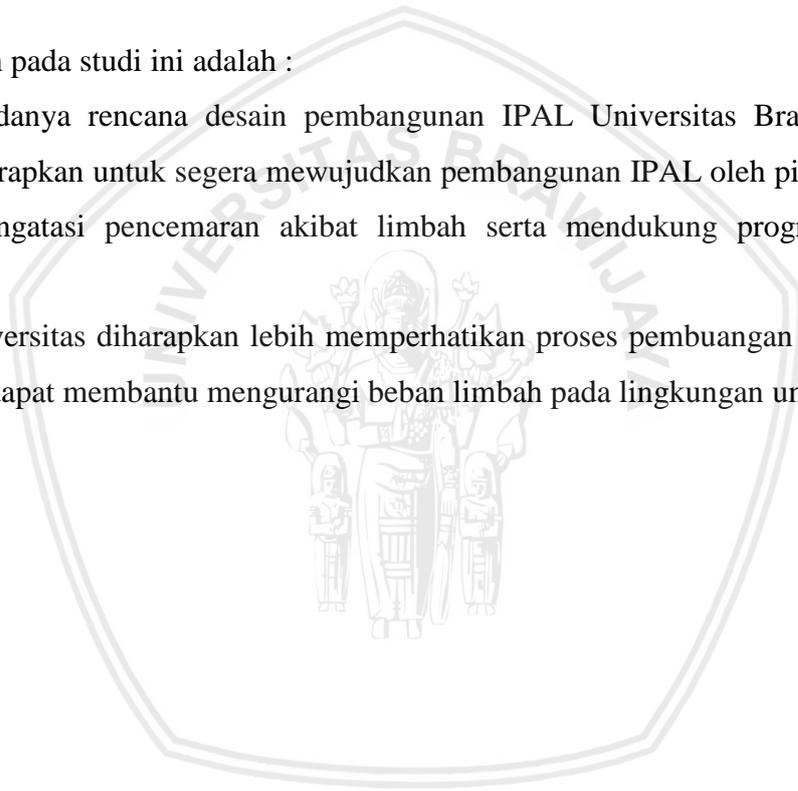
Berdasarkan dari perkiraan *effluent* di atas dapat disimpulkan bahwa perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Universitas Brawijaya mampu mengolah limbah cair domestik sehingga memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan pemerintah.

6. Berdasarkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan pembangunan Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terpusat di Universitas Brawijaya ini, didapatkan biaya total sebesar Rp 1.799.103.000,00 (Satu Milyar Tujuh Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Seratus Tiga Ribu Rupiah).
7. Biaya operasional IPAL Universitas Brawijaya yaitu sebesar Rp. 3.691.000,- /bulan.

5.2. Saran

Adapun saran pada studi ini adalah :

1. Dengan adanya rencana desain pembangunan IPAL Universitas Brawijaya ini, maka diharapkan untuk segera mewujudkan pembangunan IPAL oleh pihak terkait, untuk mengatasi pencemaran akibat limbah serta mendukung program *Green Campus*.
2. Pihak universitas diharapkan lebih memperhatikan proses pembuangan air limbah, sehingga dapat membantu mengurangi beban limbah pada lingkungan universitas.



DAFTAR PUSTAKA

- Aryowardhana . (1995). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI Press)
- Asmadi dan Suharno. (2012). *Dasar-dasar teknologi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Gosyen publishing
- Departemen Pekerjaan Umum.(2006). *Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Tangki Biofilter Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga*. Jakarta: Badan Litbang Departemen PU
- Hardjosuprpto, Moh. Masduki. (2000). *Diktat Penyaluran Air Buangan (Riolering)*. Bandung : ITB
- Herlambang, Ari. (2006). *Pencemaran Air dan Strategi Peanggulangannya*. Jakarta : BPPT
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta : Kementerian LHK
- Kementerian Kesehatan RI. (2011). *Pedoman Tekni Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Anaerob Aerob Pada Fasilitas Kesehatan* . Jakarta : Kemenkes Dirjan Bina Upaya Kesehatan
- Linsley, Ray K dan Joseph B.F. (1986). *Teknik Sumber Daya Air Jilid 2*. Jakarta : Erlangga
- L. Sasse, B. Gutterer, T. Panzerbieter, dan T. Reckerzugel.(2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. UK : BORDA
- Metcalf dan Eddy. (2003). *Wastwater Engineering Treatment and ruse*. New York : McGraw Hill Book Co
- Rudi N dan Satmoko Y.(2014). *Petunjuk Operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Kinocare Era Kossmetindo*. Jakarta : BPPT Press
- Said, N.I. (2008). *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*. Jakarta : BPPT
- Said, N.I. (2005). *Proses Dasar dalam Pegolahan Limbah Cair*. Jakarta : BPPT
- Said N.I dan Wahyu W.(2013). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob Aerob*. Jakarta :BPPT
- Sastraatmadja, a. Soedradjat. (1984). *Analisa Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung : Nova

- Sholichin, Moch. (2012). *Pengelolaan Air Limbah*. Malang: Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya
- Siregar, Sakti A. (2005). *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius
- SNI 03-7065-2005. (2005). *Tata Cara Perencanaan Sistem Plumbing*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Sudjarwo, Hermanto. (2008). *Manual Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : PUSTEKLIM (Pusat pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair)
- Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI Press)
- Suratmo, F Gunawan. (1991). *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Yogyakarta : Beta Offset

