

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
(IPAL) TERPUSAT DI KAMPUS UNHAS TAMALANREA**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**MUH FADIL RASYID RIDHA  
D131 19 1007**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

## DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Ruang Lingkup .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Pengertian Limbah.....	6
2.2. Air Limbah Domestik.....	6
2.3. Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	10
2.4. Sistem Pengelolaan Air limbah Domestik.....	13
2.5. Prinsip Pengolahan Air Limbah Domestik.....	17
2.6. Teknologi Pengolahan Air limbah secara Biologis .....	23
2.7. Sistem Perpipaan .....	32
2.8. Penelitian Terdahulu.....	34

BAB III METODE PENELITIAN .....	41
3.1. Rancangan Penelitian .....	41
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	41
3.3. Populasi dan Sampel.....	43
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	43
3.5. Teknik Pengumpulan Data .....	48
3.6. Teknik Analisis .....	49
3.7. Diagram Alir Penelitian.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1. Diagram Alir Sumber Air Limbah.....	51
4.2. Kualitas Air Limbah .....	52
4.3. Perhitungan Debit Air Limbah .....	52
4.4. Pemilihan Teknologi IPAL .....	63
4.5. Lokasi Perencanaan IPAL .....	71
4.6. Perencanaan dan Perhitungan Desain IPAL .....	72
4.7. Perencanaan Sistem Perpipaan IPAL .....	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	105
5.1. Kesimpulan.....	105
5.2. Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA .....	107
LAMPIRAN .....	109

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) TERPUSAT DI KAMPUS UNHAS TAMALANREA

Disusun dan diajukan oleh

**Muh. Fadil Rasyid Ridha**  
**D131191007**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 27 Februari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.  
NIP 197506232015042001

Pembimbing Pendamping,



Nurjannah Oktorina, S.T., M.T.  
NIP 199210242019016001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.  
NIP 197204242000122001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muh Fadil Rasyid Ridha

NIM : D131191007

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul  
(Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Terpusat di Kampus Unhas  
Tamananrea)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitnya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 06 Maret 2024

Yang Menyatakan



Muh Fadil Rasyid Ridha

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena atas rahmat, hidayah dan izin-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Terpusat di Kampus UNHAS Tamalanrea”** Shalawat serta salam penulis curahkan kepada junjungan kita, Rasulullah SAW, yang telah mengantar umat manusia menuju masa yang terang benderang.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada jenjang S-1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam penulisan tugas akhir ini tidak jarang penulis menemukan kesulitan, kendala dan permasalahan. Namun berkat motivasi dan bantuan dari berbagai pihak sehingga semuanya menjadi lebih mudah, dapat dilalui serta teratasi dengan baik. Dan oleh karenanya, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang berperan penting dalam proses kegiatan penelitian ini, terutama kepada:

1. Muh Fadil Rasyid Ridha
2. Orang tua dan keluarga besar yang senantiasa menyayangi dan memberi dukungan sekaligus mendoakan yang terbaik untuk penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin, beserta jajarannya.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, beserta jajarannya.
5. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., Kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,
6. Dosen pembimbing Ibu Dr. Ir. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T., dan Ibu Nurjannah Oktorina, S.T., M.T. beserta dosen penguji Bapak Dr. Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T dan Ibu Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik atas ilmu, wawasan, dan motivasi yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, terutama kepada para staf dan karyawan Departemen Teknik Lingkungan.

## ABSTRAK

**MUH FADIL RASYID RIDHA.** *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Terpusat Di Kampus Unhas Tamalanrea* (dibimbing oleh Roslinda Ibrahim dan Nurjannah Oktorina)

Air adalah salah satu Sumber Daya Alam yang memiliki fungsi untuk mencukupi keberlangsungan hidup manusia. Penggunaan air sangat mempengaruhi kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuantitas air limbah domestik di kampus Universitas Hasanuddin Tamalanrea, merencanakan jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai di terapkan di Kampus Universitas Hasanuddin Tamalanrea, mendapatkan hasil perencanaan dan perhitungan jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) serta mendapatkan hasil perencanaan sistem jaringan perpipaan air limbah. Metode yang digunakan untuk menghitung debit air limbah adalah sesuai dengan SNI 03-7065-2005 dimana data jumlah mahasiswa, dosen, tendik dan jumlah kamar asrama akan dikalikan dengan standar kebutuhan air bersih, 80 l/o/h untuk mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan dan 120 l/tt/h untuk asrama kemudian total dari kebutuhan air bersih akan dikalikan dengan 80% untuk mendapatkan debit air limbah. Penentuan jenis IPAL dilakukan dengan metode skoring dimana 3 teknologi yang ditawarkan yaitu biofilter aerob, ABR dan biofilter anarob akan dibandingkan berdasarkan aspek efisiensi pengolahan, kebutuhan lahan, kemudahan O&M dan biaya operasional. Air limbah yang dihasilkan di kampus Unhas Tamalanrea sebanyak 2852 m<sup>3</sup>/hari. Pada IPAL yang direncanakan ini memiliki 6 proses pengolahan yaitu bar screen / sumur pengumpul, bak ekualisasi, bak sedimentasi awal, biofilter aerobik, bak sedimentasi akhir dan bak disinfeksi. Dengan dimensi masing-masing bak yaitu, bar screen/sumur pengumpul dengan P : 3 m, L : 0,6 m, H : 7,85 m, bak ekualisasi dengan P : 11 m, L : 10 m, : H 4,5 m, sedimentasi awal dan akhir dengan P : 6 m, L : 3 m, H : 5,6 m, biofilter aerob dengan P : 12 m, L :6 m, H : 5 m, Disinfeksi dengan Diameter : 4,35 m dan kedalaman 4 m.

Kata kunci : limbah domestik, IPAL, Biofilter Aerob

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Air adalah salah satu Sumber Daya Alam yang memiliki fungsi untuk mencukupi keberlangsungan hidup manusia. 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 bijaksana dengan memperhatikan kepentingan generasi saat ini ataupun yang akan datang serta kesetimbangan ekologis. Berdasarkan PP No.22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup mengatakan bahwa pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan.

Berdasarkan Peraturan PP No.22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup menjelaskan bahwa air limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan., Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Air limbah merupakan sumber daya alam yang telah kehilangan fungsinya, yang keberadaannya mengganggu kenyamanan dan keindahan lingkungan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah disebutkan bahwa air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Dampak yang ditimbulkan dari air limbah yang dibuang langsung ke lingkungan adalah gangguan kesehatan, estetika dan kerusakan lingkungan itu sendiri.

Air limbah domestik merupakan salah satu masalah lingkungan yang menjadi perhatian utama di seluruh dunia. Air limbah domestik adalah air yang

terkontaminasi oleh berbagai zat dan mikroorganisme sebagai akibat dari kegiatan manusia di dalam rumah tangga, industri, dan komersial. Keterlibatan manusia dalam menghasilkan air limbah domestik adalah fenomena yang tidak terhindarkan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan air dalam berbagai kegiatan seperti mencuci, mandi, menggunakan toilet, dan mencuci piring, menghasilkan limbah yang perlu dikelola dengan baik agar tidak merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Untuk mencegah hal tersebut, perlu dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk menurunkan kadar parameter pencemar sebelum air limbah dibuang ke lingkungan atau badan air.

Air limbah domestik didefinisikan sebagai air dari hasil kegiatan yang bersumber dari kegiatan pemukiman yang meliputi air buangan yang berasal dari *closet*, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (Safriani dan Silvia, 2018). Pada umumnya, limbah cair domestik terbagi menjadi 2 yaitu *grey water* dan *black water*. *Grey water* atau *sullage* yang artinya air buangan dari kegiatan di kamar mandi (cuci bersih) dan dapur. *Black water* yaitu faeces dan urin, faeces memiliki kandungan bakteri patogen sedangkan urin mengandung nitrogen dan fosfor (Nanga, 2018).

Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum, 2018) Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat atau (SPALD-T) merupakan Pengelolaan air limbah ditujukan untuk mengolah air limbah domestik yang terkumpul pada jaringan perpipaan sehingga dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang sudah ditentukan oleh peraturan perundang-undangan sebelum dialirkan ke badan air penerima. Komponen SPALD-T terdiri dari unit pengolah limbah, jaringan perpipaan, bak kontrol, dan sambungan rumah tangga (Antoni et al., 2022)

Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) yakni sarana untuk mengolah limbah cair (limbah dari WC, dari air cuci/kamar mandi) (Nasution, 2021). IPALD bisa dibangun secara pribadi atau digunakan untuk satu keluarga/bangunan dan dioperasikan sendiri, maupun satu IPALD digunakan bersama-sama atau komunal (Antoni et al., 2022).

Universitas Hasanuddin merupakan salah satu Perguruan Tinggi Negeri Yang ada di Kota Makassar dengan jumlah mahasiswa aktif pada tahun 2023 sebanyak 39.261 orang, dosen sebanyak 1.633 orang dan tendik sebanyak 1.308 orang.

Banyaknya jumlah mahasiswa, dosen serta tendik yang ada menyebabkan kebutuhan air bersih terbilang cukup tinggi sehingga air limbah yang dihasilkan pun tinggi. Secara umum air limbah yang di hasilkan di Universitas Hasanuddin ini berasal dari kegiatan domestik seperti mandi, toilet, cuci mencuci, kantin. Saat ini sistem pengelolaan air limbah berupa air limbah kakus (*blackwater*) yang diterapkan pada kampus unhas tamalanrea telah memakai sistem setempat (*on-site*) berupa *septic tank*. Sedangkan, air limbah (*greywater*) yang berasal dari kegiatan mandi, cuci-mencuci dan kantin tidak melalui pengolahan dan langsung dialirkan ke drainase yang bermuara di Sungai Tallo. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Shaf et al., 2021) banyaknya kawasan yang terbangun di kampus unhas tamalanrea seperti kawasan pendidikan, kawasan perdagangan, kawasan permukiman, kawasan perkantoran dan lainnya menjadikan daerah resapan air semakin berkurang serta bertambahnya mahasiswa baru menjadikan banyak limbah domestik dan non domestik yang mengalir pada drainase. Untuk mengatasi masalah pengelolaan air buangan di kampus Tamalanrea Universitas Hasanuddin maka diperlukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dimana hasil olahannya telah memenuhi baku mutu sehingga dapat dibuang ke lingkungan. Selain itu pembangunan IPAL secara terpusat dapat mempermudah pengawasan dan perawatan Instalasi Pengolahan Air Limbah.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut

1. Bagaimana kuantitas air limbah domestik di Universitas Hasanuddin?
2. Bagaimana menentukan jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang direncanakan?
3. Bagaimana Perencanaan dan Perhitungan jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang akan ditentukan?
4. Bagaimana Perencanaan sistem jaringan perpipaan air limbah?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis kuantitas air limbah domestik di kampus Universitas Hasanuddin Tamalanrea.
2. Merencanakan jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai di terapkan di Kampus Universitas Hasanuddin Tamalanrea.
3. Mendapatkan hasil perencanaan dan perhitungan jenis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).
4. Mendapatkan hasil perencanaan sistem jaringan perpipaan air limbah,

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi penulis:  
Sebagai kontribusi dalam melaksanakan penelitian sebagai bagian dari kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi serta merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi instansi pendidikan:  
Dengan adanya IPAL di Universitas Hasanuddin, dapat meningkatkan kesehatan dan estetika lingkungan sekitar serta menanggulangi pencemaran lingkungan selain itu juga mendukung program *Green Campus*.

### **1.5. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini mencakup beberapa aspek utama terkait perencanaan IPAL, yang meliputi:

1. Pemilihan Teknologi IPAL: Analisis tentang berbagai teknologi pengolahan limbah yang tersedia dan pemilihan teknologi yang paling sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan pengguna.
2. Pengelolaan Limbah: Pemahaman tentang bagaimana limbah cair dihasilkan, dikumpulkan, dan dibuang, serta upaya pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

3. Pemantauan dan Pemeliharaan: Penilaian terhadap metode pemantauan dan pemeliharaan IPAL untuk memastikan kinerjanya tetap optimal.
4. Aspek Regulasi: Tinjauan tentang peraturan dan standar yang berlaku dalam pengelolaan IPAL, serta upaya untuk mematuhi regulasi tersebut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Limbah**

Setiap kegiatan manusia akan menghasilkan limbah. Dalam beberapa tahun terakhir, limbah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia telah menjadi masalah lingkungan utama. Peningkatan kuantitas dan jenis limbah yang dihasilkan tidak hanya terjadi di negara maju tetapi juga terjadi di negara berkembang, salah satunya di Indonesia. Limbah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan gangguan kesehatan bila tidak dikelola dengan efektif dan efisien (Purwatiningrum, 2019).

#### **2.2. Air Limbah Domestik**

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Sumber air limbah domestik adalah seluruh buangan cair yang berasal dari buangan rumah tangga yang meliputi: limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, dan lainnya. Air limbah domestik umumnya mengandung senyawa polutan organik yang cukup tinggi, dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis (Sulistia et al., 2019). Air limbah domestik terbagi menjadi 2 jenis yaitu air limbah *blackwater* dan *greywater*. Air limbah dengan jenis *blackwater* dihasilkan dari kegiatan kakus umumnya ditampung dalam tangki septik, sedangkan untuk air limbah dengan jenis *greywater* merupakan hasil dari kegiatan rumah tangga seperti cuci dan mandi, umumnya langsung dialirkan ke permukaan tanah atau saluran pembuangan (Al Kholif, 2020). Air limbah *greywater* kebanyakan merupakan bahan organik yang sifatnya mudah terdegradasi (Widanarko, 2021).

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, dalam Budiutama, 2019).

### **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 dalam Budiatama, 2019). 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 dalam Budiatama, 2019). 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 dalam Budiatama, 2019).

### **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 dalam Budiatama, 2019):

#### **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 dalam Budiatama, 2019).

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 dalam Budiutama, 2019):

a. 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.

b. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan persenyawaan gula dan pati yang secara kimia disebut polihidroksi aldehida dan polihidroksi keton. Alkohol dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) 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.

c. 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 menentukankesesuaian 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 dalam Budiutama, 2019). 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 dalam Budiutama, 2019). Tes COD juga diperlukan untuk mengukur bahan organik dalam air limbah dari industri maupun perkotaan yang mengandung senyawa beracun yang mengganggu kehidupan biologis.

### c. 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 nitrogen, fosfat, sulfat.

d. 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 dalam Budiatama, 2019).

### **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 dalam (Budiatama, 2019).

### **2.3. Baku Mutu Air Limbah Domestik**

Berdasarkan PerMen LHK No 68 Tahun 2016, Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jml/100 mL	3000

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 tahun 2016

Parameter yang digunakan ini merupakan parameter yang umumnya menjadi acuan untuk melihat kualitas limbah domestik yang telah diolah melalui IPAL yaitu baik atau tidaknya untuk dibuang ke lingkungan yang biasanya berupa sungai.

*Potential Hydrogen* (pH) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Hal ini bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pHnya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Nilai pH merupakan ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen dalam larutan akuatik. Nilai pH menentukan sifat dari suatu larutan yaitu bersifat basa, netral atau basa. Jika pH 1 sangat asam, pH 7 netral, dan pH 14 sangat basa. Nilai pH dapat ditentukan dengan elektrometrik atau dengan indikator warna.(Sulistia et al., 2019).

*Biological Oxygen Demand* (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri (aerobik) untuk menguraikan (mengoksidasikan) hamper semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat

organik yang tersuspensi dalam air. Parameter BOD adalah parameter yang paling banyak digunakan dalam pengujian air limbah dan air permukaan. Penentuan ini melibatkan pengukuran oksigen terlarut yang digunakan oleh mikro-organisme untuk menguraikan bahan-bahan organik (Sulistia et al., 2019).

Analisis COD adalah menentukan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen ( $\text{mg O}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Sulistia et al., 2019).

*Total Suspended Solids* (TSS) merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0.042 mm. Nilai konsentrasi TSS yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa dan penambahan panas di permukaan air sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati (Sulistia et al., 2019).

Nitrogen dalam air pada umumnya terdapat dalam bentuk organik dan oleh bakteri berubah menjadi nitrogen amonia. Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total ( $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$ ). Amonia merupakan hasil tambahan penguraian (pembusukan) protein tanaman atau hewan atau dalam kotorannya. Pupuk buatan juga mengandung amonia dan senyawanya, sehingga hasil rembesan dari pupuk yang terbawa air dapat terurai dan berkemungkinan menambah kandungan amonia dalam air (Sulistia et al., 2019).

Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh-tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri. Minyak dan lemak merupakan salah satu senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran di suatu perairan

sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air. Kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Minyak yang menutupi permukaan air juga akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga mengganggu ketidakseimbangan rantai makanan. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri (Sulistia et al., 2019).

Bakteri coliform merupakan bakteri indikator kehadiran bakteri patogen dan memiliki ketahanan paling besar terhadap desinfektan. Bakteri coliform yang dinyatakan sebagai nilai total coliform dapat digunakan sebagai indikator karena berbanding lurus dengan pencemaran air, semakin sedikit kandungan coliform artinya kualitas air semakin baik (Sari dan Sutrisno 2018).

#### **2.4. Sistem Pengelolaan Air limbah Domestik**

Proses pengolahan limbah terdiri dari dua jenis yaitu pengolahan limbah setempat (*on site*) dan pengolahan limbah secara terpusat (*off site*). Menurut Ayi Fajarwati dalam Penyaluran Air Buangan Domestik (2000), sistem sanitasi terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Sistem sanitasi setempat (*on site sanitation*)

Sistem sanitasi setempat (*on site sanitation*) adalah sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima, melainkan dibuang di tempat.

2. Sedangkan sistem sanitasi terpusat (*off site sanitation*)

Sedangkan sistem sanitasi terpusat (*off site sanitation*) merupakan sistem pembuangan air buangan rumah tangga (mandi, cuci, dapur, dan limbah kotoran) yang disalurkan keluar dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan dan selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan perairan. Pada penelitian kali ini, kajian hanya dipusatkan pada proses pengolahan air limbah secara terpusat (*off site system*).



Gambar 1. Sistem sanitasi terpusat

Proses pengolahan air limbah sistem terpusat umumnya dibagi menjadi empat tahapan, yaitu :

1. Pengolahan awal (*pre treatment*)
2. Pengolahan tahap pertama (*primary treatment*)
3. Pengolahan tahap kedua (*secondary treatment*)
4. Pengolahan tahap akhir (*tertiary treatment*)

Hal-hal yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan sistem pengolahan air limbah domestik menurut pedoman pengolahan air limbah perkotaan departemen kimpraswil tahun 2003 didasarkan pada faktor-faktor kepadatan penduduk, sumber air yang ada, kedalaman muka air tanah, dan kemampuan membiayai.

Menurut Peraturan Daerah kota Makassar No.1 tahun 2016 Sistem pembuangan air limbah domestik setempat yang selanjutnya disingkat SPALD-S adalah satu kesatuan sistem fisik (teknis) dan non fisik (non teknis) berupa pembuangan air limbah skala individual dan/atau skala komunal yang unit pengaliran dan pengolahan awalnya melalui atau tanpa melalui jaringan perpipaan. Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat yang selanjutnya disingkat SPALD-T adalah satu kesatuan sistem fisik dan non fisik dari prasarana dan sarana air limbah permukiman berupa unit pelayanan dari sambungan rumah, unit pengumpulan air limbah melalui jaringan perpipaan serta unit pengolahan dan pembuangan akhir yang melayani skala kawasan, skala modular, dan skala kota. Pemilihan sistem pengelolaan air limbah domestik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan mempertimbangkan :

1. Rencana Tata Ruang Wilayah Kota

2. Kepadatan penduduk
3. Ketersediaan air bersih
4. Kemiringan tanah
5. Ketinggian muka air tanah
6. Jenis dan permeabilitas tanah
7. Kondisi sosial, budaya, dan ekonomi masyarakat setempat.

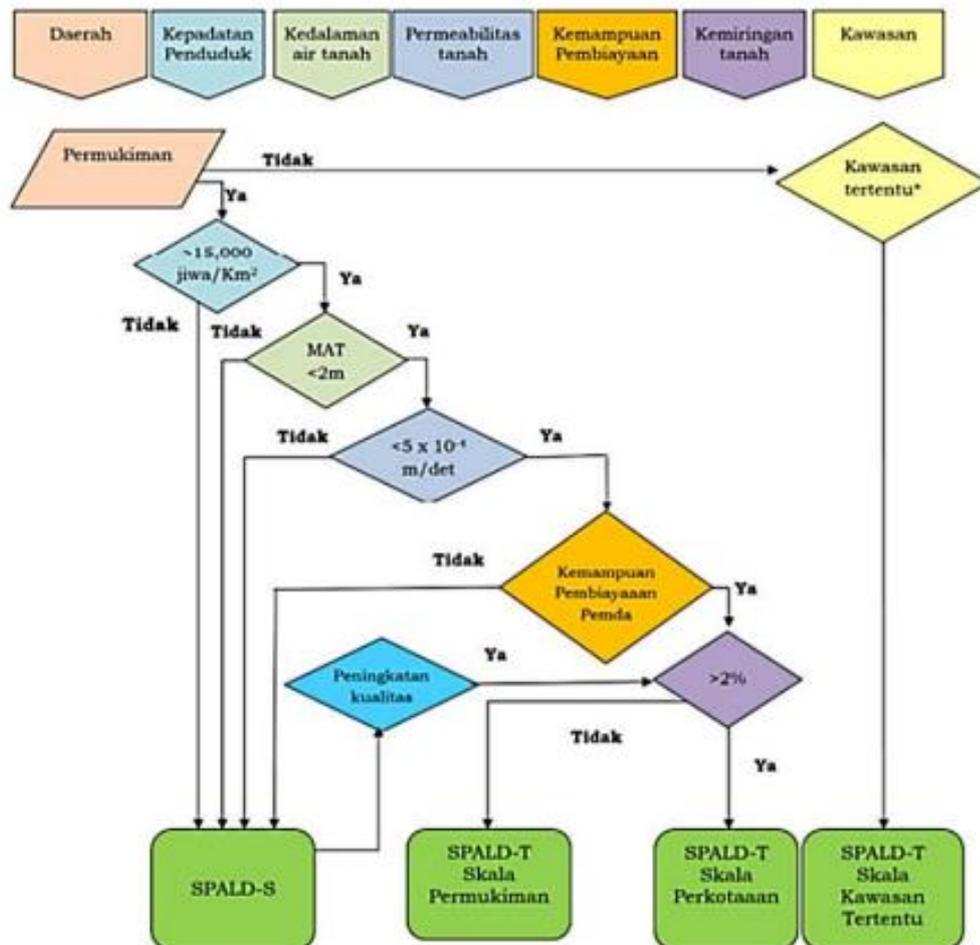
Sedangkan menurut PerMen PUPR No.4 Tahun 2017 SPALD Setempat yang selanjutnya disebut SPALD-S adalah sistem pengelolaan yang dilakukan dengan mengolah air limbah domestik di lokasi sumber, yang selanjutnya lumpur hasil olahan diangkut dengansarana pengangkut ke Sub sistem Pengolahan Lumpur Tinja. SPALD Terpusat yang selanjutnya disebut SPALD-T adalah sistem pengelolaan yang dilakukan denganmengalirkan air limbah domestik dari sumber secara kolektif ke Sub-sistem Pengolahan Terpusat untuk diolah sebelum dibuang ke badan air permukaan. Pemilihan jenis SPALD paling sedikit mempertimbangkan kepadatan penduduk, kedalaman muka air tanah, kemiringan tanah, permeabilitas tanah dan kemampuan pembiayaan.

Menurut (Uyun et al., 2019) Pemilihan jenis SPALD dilaksanakan dengan mempertimbangkan:

1. Kepadatan penduduk, tingkat kepadatan penduduk yang biasa digunakan dalam perencanaan SPALD yaitu 150 jiwa/Ha;
2. kedalaman muka air tanah digunakan sebagai kriteria dalam penetapan SPALD. Untuk muka air tanah lebih kecil dari 2 meter atau jika air tanah sudah tercemar, digunakan SPALD-T;
3. kemiringan tanah, penerapan jaringan pengumpulan air limbah domestik sesuai jika kemiringan tanah sama dengan atau lebih dari 2% (dua persen), sedangkan shallow sewer dan small bore sewer dapat digunakan pada berbagai kemiringan tanah;
4. permeabilitas tanah sangat mempengaruhi penentuan jenis SPALD, khususnya untuk penerapan sistem pengolahan setempat (cubluk maupun tangki septik dengan bidang resapan). Langkah untuk mengetahui besar kecilnya permeabilitas tanah dapat diperkirakan dengan memperhatikan jenis tanah dan angka infiltrasi tanah atau berdasarkan tes perkolasi tanah. Permeabilitas yang

efektif yaitu  $5 \times 10^{-4}$  m/detik dengan jenis tanah pasir halus sampai dengan pasir yang mengandung lempung; dan

5. kemampuan pembiayaan dapat mempengaruhi pemilihan jenis SPALD, terutama kemampuan Pemerintah Daerah dalam membiayai pengoperasian dan pemeliharaan SPALD-T. Pemilihan jenis SPALD dapat mengacu pada diagram alir yang disajikan pada Gambar 2.



\* kawasan tertentu merupakan kawasan komersial, rumah susun, pertokoan,

Gambar 2. Diagram Alir pemilihan jenis SPALD

Berdasarkan faktor–faktor tersebut kemudian dilakukan pemilihan sistem pengolahan air limbah dengan mempertimbangkan kondisi tersebut terhadap kemungkinan penerapan sistem pengolahan terpusat (*Off Site System*) ataupun sistem pengolahan setempat (*On Site System*) dengan membandingkan keuntungan dan kerugian seperti pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Perbandingan antara *Off site system* dan *On site system*

<b><i>Off site System (Sistem Pengolahan Terpusat)</i></b>	<b><i>On Site System (Sitem Pengolahan Setempat)</i></b>
<p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyediakan pelayanan yang terbaik,</li> <li>• Sesuai daerah dengan kepadatan tinggi,</li> <li>• Pencemaran terhadap badan air dan air tanah dapat dihindari,</li> <li>• Memiliki masa guna lebih lama</li> </ul> <p>Kerugian :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memerlukan biaya investasi, operasi, dan pemeliharaan yang tinggi,</li> <li>• Menggunakan teknologi tinggi,</li> <li>• Tidak dapat dilakukan oleh perseorangan,</li> <li>• Waktu yang lama dalam perencanaan dan pelaksanaan,</li> <li>• Perlu pengelolaan, oprasional, dan pemeliharaan yang baik.</li> </ul>	<p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan teknologi sederhana,</li> <li>• Memerlukan biaya yang rendah,</li> <li>• Masyarakat dan tiapa – tiap keluarga dapat menyediakan sendiri,</li> <li>• Pengoperasian dan pemeliharaan oleh masyarakat,</li> <li>• Manfaat dapat dirasakan secara langsung.</li> </ul> <p>Kerugian :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak dapat diterapkan pada setiap daerah, misalkan sifat permeabilitas tanah, tingkat kepadatan tanah, dan lain – lain,</li> <li>• Fungsi terbatas hanya dari buangan kotoran manusia, tidak melayani air limbah kamar mandi dan air bekas cucian,</li> <li>• Operasi dan pemeliharaan sulit dilaksanakan</li> </ul>

*Sumber : Asmadi dan Suharno, 2012*

## 2.5. Prinsip Pengolahan Air Limbah Domestik

Kementerian PUPR pada tahun 2018 menyatakan bahwa fungsi dasar pengolahan air limbah domestik adalah untuk mempercepat proses degradasi polutan secara natural melalui rekayasa pada unit operasi dan proses. Secara umum, terdapat beberapa tahapan pengolahan yang harus dilakukan dalam pengolahan air limbah domestik, yakni Tahap Pertama, Tahap Kedua, Tahap Ketiga, Tahap Lanjutan, dan Tahap Pengolahan Lumpur. Tahap Ketiga dan Lanjutan merupakan opsi yang dapat direncanakan jika masih terdapat parameter tertentu yang berpotensi melebihi baku mutu lingkungan dan adanya rencana pemanfaatan air hasil olahan.

### **2.5.1. Pre-treatment**

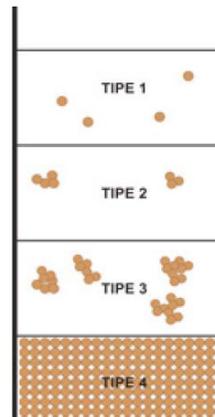
Pada awal tahapan ini terdapat pula bangunan inlet yang berfungsi untuk mengumpulkan air limbah domestik dari jaringan perpipaan sub-sistem pengumpulan. Pada umumnya, jaringan perpipaan sub-sistem pengumpulan di segmen akhir menuju IPALD. Terdapat beberapa unit pengolahan pada Tahap Awal yakni Saringan Sampah (*Screen*), Bak Penyisihan Pasir (*Grit Chamber*), Bak Ekualisasi (*Equalization Tank*),

Secara umum, Pengolahan Tahap *Pre-treatment* dilakukan dengan menggunakan prinsip pengolahan fisik. Pengolahan fisik pertama yang diterapkan merupakan proses penyaringan, tahapan ini bertujuan untuk menyisihkan benda-benda berukuran besar seperti kain, plastik, kertas, metal, dan sejenisnya.

### **2.5.2. Primary Treatment**

Pengolahan Tahap Pertama bertujuan untuk menyisihkan material kasar, diskrit, dan tersuspensi (*suspended solid*) sebelum dialirkan menuju ke unit pengolahan selanjutnya., memiliki elevasi yang relatif rendah dari permukaan. Oleh karena itu, bangunan inlet berfungsi untuk menaikkan elevasi air limbah domestik ke permukaan dengan menggunakan sistem pemompaan. Hal ini dilakukan pula dengan tujuan agar IPALD dapat dioperasikan dengan menggunakan metode aliran gravitasi. Terdapat unit pengolahan pada Tahap Awal yakni bak sedimentasi (*primary sedimentation*) (Kementrian PUPR, 2018).

Kemudian diterapkan pengolahan fisik lanjutan dengan memanfaatkan perbedaan ukuran dan massa/volume partikel pada air limbah domestik yang akan mempengaruhi kecepatan pengendapan partikel sehingga terjadi sedimentasi padatan Pada pengolahan tahap pertama proses fisik juga dilakukan untuk menyisihkan material organik tersuspensi. Penyisihan dilakukan dengan melakukan rekayasa terhadap kecepatan aliran sehingga memberikan kesempatan terhadap partikel padatan mengendap secara gravitasi menuju ke dasar bak (Kementrian PUPR, 2018).



Gambar 3. Proses sedimentasi pada pengendapan air limbah domestik

### 2.5.3. *Secondary Treatment*

Pengolahan tahap kedua direncanakan untuk menyisahkan material organik yang ada dalam air limbah domestik dalam bentuk terlarut (*soluble*) maupun koloid (*colloid*) yang tersisa dari hasil penyisihan pada pengolahan tahap pertama. Proses ini dilakukan dengan menggunakan prinsip pengolahan biologi melalui pemanfaatan peran mikroorganisme yang sudah terkandung di dalam air limbah domestik. Jumlah mikroorganisme di dalam air limbah domestik diketahui dapat mencapai 500.000 hingga 5.000.000 per mL, tergantung pada umur air limbah domestik. Bakteri merupakan makhluk hidup bersel satu yang berukuran sangat kecil dan mempunyai bentuk yang beraneka ragam. Mikroorganisme memiliki kemampuan untuk melakukan metabolisme makanan terlarut (*soluble food*) dan bereproduksi dengan cara pembelahan sel (Kementrian PUPR, 2018).

Mikroorganisme di dalam air limbah domestik akan mengubah karbon organik terlarut dan dalam bentuk koloid menjadi beberapa jenis gas dan protoplasma. Protoplasma, disebut juga sebagai biosolid atau sludge (*lumpur*), memiliki berat jenis yang lebih besar dari air sehingga dapat dengan mudah untuk diendapkan secara gravitasi. Sebelum membahas tentang proses biokimia baik dengan menggunakan atau memanfaatkan bakteri aerobik maupun anaerobik, pengenalan terhadap klasifikasi bakteri dirasa penting untuk diketahui oleh setiap perencana maupun operator. Adapun klasifikasi bakteri dapat dibedakan menjadi sebagai berikut (Kementrian PUPR, 2018):

- a. Berdasarkan sumber karbon dan energi:

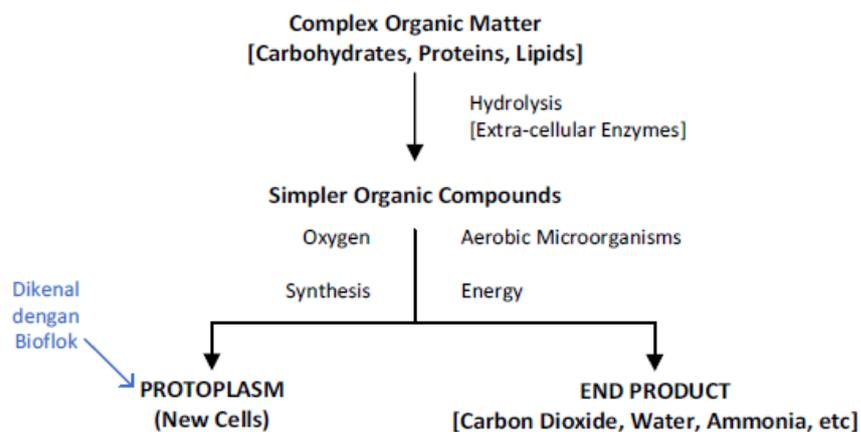
- 1) *Heterotrophic microorganism*, merupakan mikroorganisme yang menggunakan material organik sebagai suplai kebutuhan karbon.
  - 2) *Autotrophs microorganism*, merupakan mikroorganisme yang membutuhkan CO<sub>2</sub> untuk memenuhi suplai karbonnya.
  - 3) *Phototrops microorganism*, merupakan mikroorganisme yang hanya mengandalkan cahaya sebagai sumber energinya.
  - 4) *Chemotrops microorganism*, merupakan mikroorganisme yang mengekstrak energi dari proses oksidasi reduksi material organik atau anorganik.
  - 5) *Lithotrops microorganism*, merupakan mikroorganisme yang mengekstrak energi dari proses oksidasi material organik.
  - 6) *Organotrops microorganism*, merupakan mikroorganisme yang mengekstrak energi dari proses oksidasi material anorganik.
- b. Berdasarkan kebutuhan oksigen:
- 1) *Obligate Aerobes*, merupakan mikroorganisme yang hanya bisa hidup dengan kehadiran oksigen.
  - 2) *Obligate Anaerobes*, merupakan mikroorganisme yang tidak dapat hidup dengan adanya kehadiran oksigen.
  - 3) *Facultative Anaerobes*, merupakan mikroorganisme yang memanfaatkan oksigen untuk proses oksidasi/reduksi, namun dalam kondisi tertentu dapat hidup tanpa kehadiran oksigen. Dalam kondisi anoksik, bakteri anaerob fakultatif yang disebut juga sebagai *denitrifier* memanfaatkan nitrit (NO<sub>2</sub>-) dan nitrat (NO<sub>3</sub>-) untuk menggantikan peran oksigen. Nitrat-nitrogen dapat dikonversikan menjadi gas nitrogen dalam kondisi tidak adanya oksigen (proses *anoxic denitrification*).
- c. Berdasarkan temperature
- 1) *Hyperthermophile* (>60°C)
  - 2) *Thermophile* (pertumbuhan optimal pada rentang 45 hingga 122°C)
  - 3) *Mesophile* (20 hingga 45°C)
  - 4) *Psychrotrophs* (dapat bertahan pada temperatur 0°C, namun lebih baik pada temperatur *mesophilic*)
  - 5) *Psychrophiles* (-15 hingga 10°C atau lebih rendah lagi)

### 1. Degradasi organik secara anaerob

Proses degradasi organik melibatkan rantai makanan yang kompleks dengan jenis mikroorganisme yang beragam. Secara umum, mikroorganisme tersebut mengubah material organik menjadi metan ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Selama proses oksidasi anaerob, energi yang dihasilkan relatif kecil sehingga jumlah produksi sel baru relatif kecil. Kondisi ini mengakibatkan jumlah lumpur yang dihasilkan dalam proses anaerob sangat sedikit jika dibandingkan dengan pengolahan biologi secara aerob.

### 2. Degradasi organik secara aerob

Dalam proses degradasi material organik secara aerob, oksigen harus hadir sebagai satu-satunya akseptor elektron dalam proses biokimia. Bakteri aerobic heterotrophic memegang peranan yang dominan dalam proses pengolahan secara aerob. Pada awal proses degradasi, bakteri fermentasi berperan penting dalam mengubah materi organik karbon yang kompleks (karbohidrat, protein, dan lipid) menjadi organik yang lebih sederhana sehingga senyawa-senyawa terlarut lebih mudah untuk masuk melewati dinding dan membran sel bakteri.



Gambar 4. Biokimia pada Proses Pengolahan Biologi secara Aerob

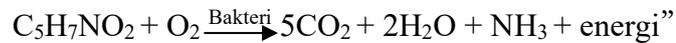
Tahap selanjutnya, organik yang lebih sederhana akan teroksidasi dengan kehadiran oksigen di dalam air limbah domestik.

Reaksi stokiometri oksidasi dan sintesis material organik karbon dapat dideskripsikan secara umum sebagai berikut:



$\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$  merupakan sel baru atau protoplasma yang juga sering disebut sebagai *bioflock*. Ketika material organik telah habis dikonsumsi, maka sel akan

mulai mengonsumsi jaringan sel mereka sendiri. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan kebutuhan energi dalam proses metabolisme sel. Proses ini disebut pula sebagai endogenous respiration. Reaksi stokiometri endogenous respiration sebagai berikut:



Proses degradasi organik karbon dapat berlangsung optimum pada rentang pH netral. Menurut Metcalf & Eddy (2003), konsentrasi DO minimum harus mencapai 2 mg/L. Oleh karena itu, penting dalam perencanaan sistem pengolahan biologi secara aerob memerhatikan suplai udara/oksigen. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam mensuplai oksigen ke dalam pengolahan aerob.

#### **2.5.4. Tertiary Treatment**

Pengolahan tahap ketiga harus dilakukan jika masih terdapat parameter yang belum memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Hal ini dapat diketahui setelah analisis kesetimbangan massa terhadap seluruh parameter berdasarkan hitungan detail yang dilakukan dalam perencanaan. Perencanaan terhadap tahapan ketiga harus dilakukan agar efluen IPALD dapat memenuhi seluruh parameter yang berlaku. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan, yakni total koliform, amonia nitrogen, fosfor, dan total suspended solid (TSS). beberapa alternatif teknologi yang dapat digunakan dalam pengolahan polutan yang berpotensi masih melebihi baku mutu lingkungan yang berlaku. Adapun beberapa proses yang dapat dilakukan dalam pengolahan tahap ketiga, yakni desinfeksi, aerasi, flokulasi-koagulasi, filtrasi, dan wetland (Kementrian PUPR, 2018).

#### **2.5.5. Pengolahan Lumpur**

Pada tahapan ini, lumpur yang bersumber dari Sedimentasi Pertama dan Kedua akan diolah dengan menggunakan beberapa alternatif teknologi sebelum dibuang atau dimanfaatkan kembali. Lumpur yang merupakan hasil dari proses

pengolahan air limbah domestik berpotensi mengandung mikroorganisme yang dapat membawa bibit penyakit baik berupa organik maupun anorganik sehingga dapat bersifat toksik terhadap manusia atau lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan lumpur yang tepat, efektif, dan efisien merupakan bagian yang penting dalam perencanaan IPALD (Kementrian PUPR, 2018).

#### **2.5.6. Advance Treatment**

Pengolahan tahap lanjutan merupakan pilihan yang dapat direncanakan dengan tujuan tertentu, salah satunya untuk pemanfaatan air dalam lingkup terbatas sesuai dengan peraturan yang baku mutu lingkungan yang berlaku (Kementrian PUPR, 2018).

### **2.6. Teknologi Pengolahan Air limbah secara 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 (Budiatama, 2019).

Pengolahan air buangan secara biologi dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme 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 (Budiatama, 2019).

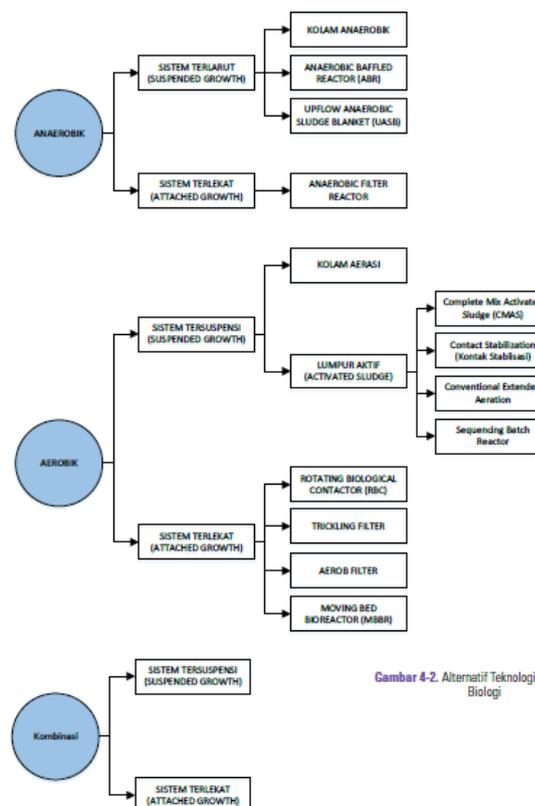
Tujuan pengolahan limbah biologi adalah mengubah molekul organik yang kompleks menjadi produk yang lebih sederhana dan biomassa dengan menggunakan mikroorganisme. Oleh karena itu perlakuan khusus seperti kontrol terhadap parameter yang diperlukan dalam pengolahan limbah biologi perlu dilakukan supaya keseimbangan pertumbuhan mikroorganisme terjaga. Pengolahan

secara biologi banyak diterapkan karena merupakan pengolahan yang murah, efisien dan lebih ramah lingkungan (Asmadi, 2012, p.92 dalam Budiatama, 2019).

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

1. Mengubah (dengan kata lain, mengoksidasi) konstituen biodegradable terlarut dan partikulat menjadi produk akhir yang dapat diterima
2. Menangkap dan menggabungkan padatan koloid tersuspensi dan nonsettleable menjadi flok biologis atau bofilm
3. Mengubah atau menghilangkan nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor
4. Dalam beberapa kasus menghilangkan konstituen dan senyawa kecil organik tertentu.

Pada dasarnya pengolahan secara biologi dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu pengolahan biologis secara tersuspensi dan pengolahan biologis secara melekat.



Gambar 4-2. Alternatif Teknologi Pengolahan Biologi

Gambar 5. Alternatif teknologi pengolahan secara Biologi

### 2.6.1. Pengolahan biologis secara aerob

#### 1. Lumpur aktif (*activated sludge*)

Secara umum, pengolahan lumpur aktif terdiri dari 3 (tiga) komponen penting yakni reaktor pertumbuhan mikroorganisme dengan penambahan proses aerasi di dalamnya, unit pemisahan padatan dan cairan atau sedimentasi kedua (*secondary sedimentation*) yang berfungsi untuk memisahkan bioflok dan air, dan sistem resirkulasi lumpur yang bersumber dari unit pengendapan kedua (*secondary sedimentation*) (Kementrian PUPR, 2018).

Dalam proses pengolahan lumpur aktif, terdapat tiga jenis aliran reaktor yakni plug flow, complete mix, dan arbitrary. Pada reaktor plug flow partikel melewati tangki dan habis dalam jumlah yang sama ketika mereka masuk. Tipe aliran ini dicapai ketika berada di cekungan panjang dan sempit. Pada reaktor *complete mix*, partikel yang masuk tersebar ke kolam secara cepat. Aliran *complete mix* dicapai ketika bentuk kolam lingkaran dan persegi. Reaktor aliran arbitrary menunjukkan pencampuran parsial antara *plug flow* dan *complete mix* di suatu tempat. Sejak pertama kali dikembangkan pada tahun 1880, metode pengolahan lumpur aktif telah berkembang menjadi berbagai alternatif teknologi. Hal ini terjadi untuk menjawab tantangan efisiensi pengolahan berbagai parameter yang lebih baik. Terdapat beberapa teknologi lumpur aktif yang telah dikembangkan dan digunakan di berbagai tempat untuk mengolah air limbah domestik, yakni (Kementrian PUPR, 2018):

#### a. Lumpur aktif konvensional (*Plug Flow Process*)

Teknologi ini berkembang cukup signifikan pada era tahun 1920 hingga 1970. Reaktor konvensional dibangun dengan menerapkan bangunan yang sempit memanjang.

#### b. *Oxydation ditch* (OD)

Teknologi OD mulai dikembangkan pada tahun 1950. Teknologi ini dirancang untuk dapat menahan shock loading. Geometri OD berbentuk saluran kanal yang dilengkapi dengan aerator horizontal yang berfungsi untuk mensuplai oksigen dan membentuk aliran air sehingga air mengalir melalui saluran tersebut.

#### c. *Complete mix activated sludge* (CMAS)

*CMAS* merupakan salah satu teknologi yang berkembang dengan menggunakan prinsip lumpur aktif. Teknologi ini cukup populer sejak tahun 1970an.

d. *Sequence batch reactor*

Pada akhir tahun 1970, *Sequence Batch Reactor* (SBR) dirancang untuk dapat mengolah air limbah yang bersumber dari komunitas kecil dan domestik. Namun, saat ini teknologi SBR telah dapat digunakan untuk mengolah air limbah domestik dari area pelayanan kota besar.

e. Kontak stabilisasi

Teknologi kontak stabilisasi merupakan modifikasi dari proses lumpur aktif konvensional. Dalam prosesnya, teknologi ini beroperasi dengan menggunakan dua tangki aerasi. Tangki pertama berfungsi untuk mensuplai oksigen Kembali terhadap lumpur sirkulasi (*return sludge*) selama kurang lebih 4 jam sebelum dialirkan menuju ke tangki berikutnya. Di dalam tangki berikutnya ini, aliran lumpur dari tangki pertama dicampur dengan air limbah domestik dari efluen sedimentasi pertama.

Tabel 3. Kriteria desain teknologi lumpur aktif

No	Parameter	<i>Activated</i>	<i>Complete</i>	<i>Sequencing</i>	<i>Extended</i>	<i>Oxydation</i>	Satuan
		<i>Sludge</i> <i>Conventional</i>	<i>Mixed Aerated</i> <i>Sludge</i>	<i>Batch</i> <i>Reactor</i>	<i>Aeration</i>	<i>Ditch</i>	
1	Waktu tinggal padatan/ hari	3-15	3-15	10-30	20-30	15-30	hari
2	Rasio F/M	0,2-0,4	0,2-0,6	0,04-0,15	0,05-0,15		Kg BOD/Kg .MLVSS.hari
3	Muatan Volumetrik	0,3-0,7	0,3-1,6	0,1-0,3	0,1-0,4		Kg BOD/m <sup>3</sup> .hari
4	MLSS	1.000-3.000	1.500-4.000	2.000-5.000	3.000-6.000	1.500-5.000	Mg/L
5	Total waktu hidrolis	4-8	3-5	15-40	18-36		Jam
6	Rasio RAS ( <i>Return Activated Sludge</i> )	25-75	25-100	NA	0,5-2,0	75-150	% influen
7	Kecepatan Aliran ( <i>ditch velocity</i> )	-	-	-		0,3	m/detik

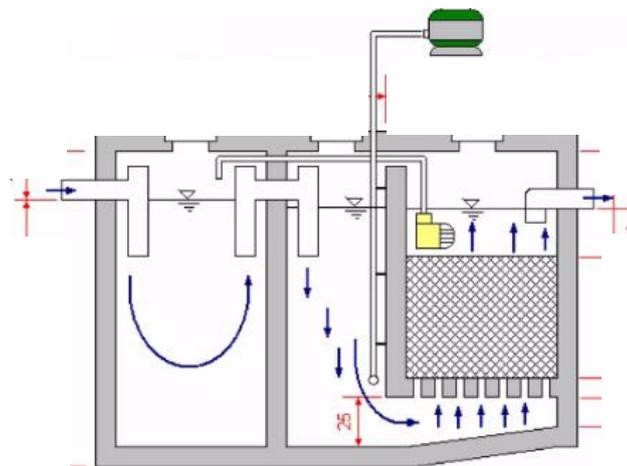
Sumber : Bimbingan Teknis Bidang Plp Sektor Air Limbah-Perencanaan Teknis Rinci SPALD, PU

Kelebihan	Kekurangan
Luas lahan yang dibutuhkan kecil	Membutuhkan listrik untuk menyuplai udara
Resiko penyumbatan kecil	Produksi lumpur tinggi
Reduksi organik tinggi	

Sumber : *Simanjuntak, 2020*

## 2. Biofilter aerob

Salah satu jenis unit IPAL yang mulai dikembangkan untuk mengolah limbah cair domestik dengan efisiensi cukup tinggi adalah unit biofilter aerob. Proses pengolahan pada unit IPAL biofilter aerobik pada umumnya menggunakan metode tercelup. Proses biofilter tercelup ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah domestik ke dalam reaktor biologis yang berisi media penyangga. Prinsip kerja pada sistem biofilter aerobik yaitu dengan mendifusi senyawa polutan yang ada di dalam air limbah (senyawa organik, BOD, COD, amonia, sulfida, sulfur dan yang lainnya) ke dalam lapisan film biologis yang melekat pada permukaan medium. Kemudian ditambahkan oksigen terlarut melalui injeksi blower udara atau pompa sirkulasi ke dalam air limbah. Menginjeksikan oksigen terlarut pada air limbah bertujuan untuk menguraikan senyawa polutan dengan bantuan mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dengan mengubah energi yang dihasilkan menjadi biomassa (Sandra, 2022).



Gambar 6. Pengolahan air limbah dengan biofilter aerobik

Proses pengolahan dengan IPAL biofilter aerob ini merupakan pengembangan dari metode aerasi kontak. Pengolahan biofilter aerob memiliki efisiensi removal

BOD sekitar 60-90% dan penyisihan TSS sekitar 50-70% dengan waktu tinggalnya sekitar 2-10 jam (Tchobanoglous, et.al., 2003). Sedangkan menurut Lin (2007), penyisihan BOD terjadi sebesar 65-80 % dan menurut Christian (2003), penyisihan BOD dapat terjadi sebesar 65-85%. Serta menurut Said (2008), penyisihan BOD sekitar  $\geq 90\%$ , sedangkan waktu tinggalnya sekitar  $\geq 6-8$  jam. Unit ini dapat menyisihkan BOD sebesar 75 – 95%, COD 80 – 85%, TSS 50 – 65% (Nasoetion, S, Saputra, & Ergantara, 2017 dalam (Simajuntak, 2020) Proses pengolahan secara aerob tersebut terbukti lebih efisien dalam menurunkan material zat organik (BOD dan COD), amoniak, detergen, padatan tersuspensi, phospat, dan lainnya (Sandra, 2022).

Di dalam kompartemen aerob ini diisi dengan media penyangga dari bahan plastik tipe Bio Ball. Ketika air limbah masuk melewati media penyangga maka akan terjadi proses aerasi kontak (*Contact Aeration*), yaitu diaerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang tersuspensi dapat menguraikan material zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, detergen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri aerobik atau *facultatif aerobik*. Setelah beberapa hari beroperasi, maka permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme (*biofilm*). Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal (Said, 2008 dalam (Sandra, 2022).

Tabel 4. Kriteria Desain Biofilter Aerob

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Waktu detensi rata-rata	6-8	jam
Standar beban BOD per volume media (Hight Rate)	0,4-4,7	kgBOD/m <sup>3</sup> .hari
Volume media	50%	
	Vreaktor	
Tinggi ruang lumpur	0,3-0,5	m
Tinggi bed media perbiakan mikroba	1,2-1,5	m

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Tinggi air diatas bed media	0,2-0,3	m
Beban BOD	0,5-4	kgBOD per m <sup>3</sup>
Beban BOD per satuan Permukaan media	5-30	g BOD per m <sup>3</sup>
Efisiensi <i>diffuser</i>	2,5-5%	

Sumber : Nusa Idaman Said, 2008 dalam Sandra, 2022

Adapun kelebihan dan kekurangan dari Biofilter aerob menurut Wahyu, 2018 sebagai berikut :

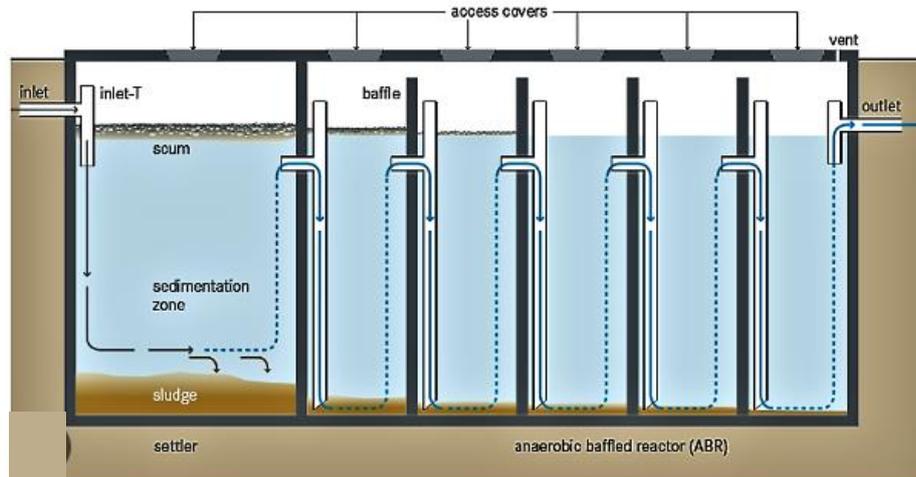
Tabel 5. Kelebihan dan kekurangan Biofilter Aerob

Kelebihan	Kekurangan
Tahan terhadap organik dan hidraulik shock load	Mebutuhkan desain dan konstruksi ahli
Reduksi organik dan pathogen tinggi	Konsumsi energi yang tinggi
Kebutuhan lahan kecil	Biaya operasi yang tinggi
	O&M membutuhkan personel ahli

## 2.6.2. Pengolahan biologis secara anaerob

### 1. *Anaerobic baffled reactor* (ABR)

*Anaerobic Baffle Reactor (ABR)* merupakan salah satu jenis pengolahan suspended growth yang memanfaatkan sekat (*baffle*) dalam pengadukan yang bertujuan memungkinkan terjadinya kontak antara air limbah domestik dan mikroorganisme. Pengolahan ini adalah pengolahan yang relatif murah dari aspek operasional, sebab tidak diperlukan penggunaan energi listrik dan memiliki efisiensi penyisihan organik yang cukup baik. Namun, teknologi ini memiliki kemampuan penyisihan bakteri patogen dan nutrient yang rendah. Oleh karena itu, efluennya masih membutuhkan pengolahan tambahan dan membutuhkan pengolahan awal berupa pengendapan/sedimentasi untuk mencegah terjadinya *clogging*. Aliran yang terjadi dalam ABR merupakan aliran upflow dan downflow. Populasi mikroorganisme berkembang dalam air limbah domestik dan lapisan lumpur yang terdapat pada dasar kompartemen.



Gambar 7. Pengolahan air limbah dengan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

Adapun kriteria desain dari unit pengolahan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* sebagai berikut:

Tabel 6. Kriteria Desain *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

Parameter	Satuan	Nilai	Sumber
Debit desain	m <sup>3</sup> /hari	2-200	Sswm
Waktu retensi hidraulik	jam	48-72	Sswm
Kecepatan upflow	m/jam	< 0,6	Sswm
Jumlah kompartemen	Buah	3-6	Sswm
Kebutuhan lahan	m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>	1	Borda, 1998
Beban organik	kgCOD/m <sup>3</sup> .hari	<3	Borda,1998

Sumber : Bimbingan Teknis Bidang Plp Sektor Air Limbah-Perencanaan Teknis Rinci SPALD, PU

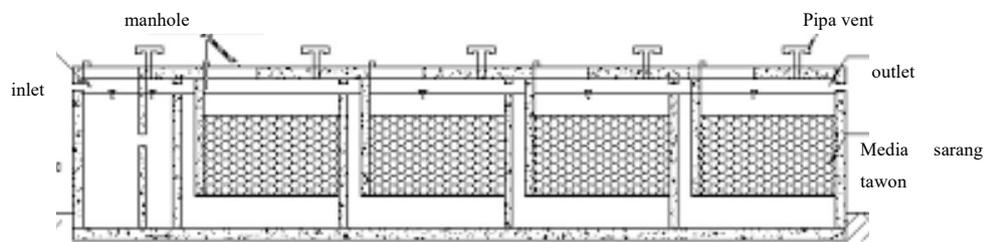
Kelebihan	Kekurangan
<p>a. Sederhana sebab tidak memakai bahan material khusus, proses pemindahan gas tidak diperlukan, tidak memerlukan pengaduk mekanis dan sedikitnya gangguan yang timbul</p> <p>b. HRT yang rendah</p>	<p>a. Diperlukan tenaga ahli untuk desain dan pengawasan pembangunan.</p> <p>b. Efisiensi pengolahan rendah.</p> <p>c. Tidak boleh terkena banjir.</p> <p>d. Memerlukan sumber air yang konstan.</p> <p>e. Perlu dilakukan pengurasan berkala setiap (2-3 tahun).</p>

- 
- c. Tidak memerlukan karakteristik biomassa tertentu
  - d. Dapat mengolah berbagai jenis limbah
  - e. *Shock loading* yang stabil
  - f. Tidak memerlukan lahan yang luas
- 

Sumber : Marbun · 2019

## 2. *Anaerobic biofilter* (Biofilter anaerob)

Filter anaerobik merupakan reaktor biologis dengan pertumbuhan terlekat atau *fixed-bed*. Air limbah domestik dalam reaktor ini mengalir melalui filter sehingga partikel terjebak dan bahan organik didegradasi oleh mikroorganisme yang melekat pada permukaan media. Air limbah domestik mengalir/lewat di antara media dan mikroba yang akan menguraikan bahan organik terlarut dan organik tersuspensi di dalam air limbah domestik, sehingga terjadi pengurangan kandungan organik pada efluen. Dengan adanya media yang menjadi tempat berkembangnya bakteri membentuk lendir/film akibat fermentasi oleh enzim bakteri terhadap bahan organik yang ada dalam air limbah. Film ini akan menebal menutupi aliran air limbah dicelah diantara media filter tersebut, sehingga perlu dilakukan pencucian terhadap media dengan metode back wash secara periodik (Kementrian PUPR, 2018).



Gambar 8. Pengolahan air limbah dengan biofilter anaerob

Adapun kriteria desain dari unit pengolahan Biofilter anaerob sebagai berikut:

Tabel 7. Kriteria desain biofilter anaerob

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
1	Organik loading	4-5	Kg COD/m <sup>3</sup> .hari	Bimbingan Teknis
2	Ukuran media padat	2-6	Cm	Bidang PIP Sektor

3	Luas permukaan media filter	70-95	%	Air Limbah-
4	Porositas rongga dan media	90-300	m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup>	Perencanaan
5	Kedalaman media filter	90-150	Cm	Teknis Rinci
6	Waktu tinggal hidrolik dalam filter	0,5-4	hari	SPALD, PU
7	Beban organik	0,2-15	Kg COD/m <sup>3</sup> .hari	
8	Efisiensi penyisihan BOD	70-90	%	
9	Tinggi air di atas media	20	Cm	
10	Jarak plat penyangga media dengan bak UAF	50-60	Cm	
11	Plat penyangga media memiliki diameter lubang arau bukaan lebih kecil dari media UAF, jarak antar plat maksimum	10	Cm	

*Sumber : Bimbingan Teknis Bidang Plp Sektor Air Limbah-Perencanaan Teknis Rinci SPALD, PU*

Adapun kelebihan dan kekurangan dari Biofilter anaerob menurut Wahyu, 2018 sebagai berikut :

Tabel 8. Kelebihan dan kekurangan Biofilter Anaerob

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Lumpur yang dihasilkan rendah	Penyisihan pathogen dan nutrient rendah
Tidak dibutuhkan energi listrik	Start up sulit
Removal organik tinggi	Resiko clogging
HRT pendek	Membutuhkan desain dan konstruksi ahli
Tidak diperlukan mechanical mixing	
Kebutuhan lahan kecil	
Masa pakai lama	
Biaya operasi rendah	

*Sumber : Wahyu, 2018*

## 2.7. Sistem Perpipaan

Berdasarkan (Arsyad,2016) umumnya sistem perpipaan penyaluran air buangan terdiri dari :

### 1. Pipa Persil

Pipa persil adalah pipa saluran yang umumnya terletak di dalam rumah dan langsung menerima air buangan dari instalasi plambing bangunan. Memiliki diameter 3 inci – 4 inci, kemiringan pipa 2%. Teknis penyambungannya dengan pipa servis, membentuk sudut 45° dan apabila perbandingan antara debit dari persil dengan debit dari saluran pengumpul kecil sekali maka penyambungannya tegak lurus.

### 2. Pipa Servis

Pipa servis adalah pipa saluran yang menerima air buangan dari pipa persil yang kemudian akan menyalurkan air buangan tersebut ke pipa lateral. Diameter pipa servis sekitar 6–8 inci, kemiringan pipa 0,5–1 %. Lebar galian pemasangan pipa servis minimal 0,45 m dengan kedalaman benam awal 0,6 m. Sebaiknya pipa ini disambungkan ke pipa lateral di setiap manhole.

### 3. Pipa Lateral

Pipa lateral adalah pipa saluran yang menerima aliran dari pipa servis untuk dialirkan ke pipa induk, terletak di sepanjang jalan sekitar daerah pelayanan. Diameter awal pipa lateral minimal 8 inci, dengan kemiringan pipa sebesar 0,5 – 1%.

### 4. Pipa Induk

Pipa induk adalah pipa utama yang menerima aliran air buangan dari pipa-pipa lateral dan meneruskannya ke lokasi instalasi pengolahan air buangan. Kemiringan pipanya berkisar antara 0,2-1%.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Arief Budiatama	2019	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Terpusat di Universitas Brawijaya	Kondisi eksisting IPAL di Universitas Brawijaya berupa <i>septic tank</i> . Kuantitas air limbah yang dihasilkan sebesar 1217,03 m <sup>3</sup> /hari. Kualitas air limbah domestik belum memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan PerMen LHK No 68 tahun 2016. Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) direncanakan dengan tiga tahap pengolahan yaitu meliputi <i>bar screen</i> , bak ekualisasi, bak pengendapan awal, bak anaerob, bak aerob dan bak pengendapan akhir. Dari perencanaan pengolahan limbah cair, didapatkan perkiraan <i>effluent</i> memenuhi baku mutu air limbah domestik.
2	Puji Retno Wulandari	2014	Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat Di Perumahan PT. Pertamina Unit	Unit pengolahan air limbah domestik yang digunakan dalam perencanaan di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan untuk jangka waktu sepuluh tahun kedepan menggunakan unit IPAL biofilter aerob-anaerob dengan

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan	total timbulan air limbah sebanyak 2877,32 m <sup>3</sup> /hari
3	Dwi Santoso, Diah Ayu Wulandari, Muhtadi Arsyat Temenggu ng	2023	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Domestik Dengan Metode Biofilter Aerob Di Pt. Bhandha Ghara Reksa (Persero) Divre VI Lampung	Tingkat efisiensi penurunan pengolahan cukup tinggi, yaitu BOD 3,67 mg/L (87%), COD 12,21 mg/L (87%), SS 2,25 mg/L (87,5%), Minyak dan lemak 0,2 mg/L (80%), Coliform 570/100 mg (70%). Berdasarkan karakteristik kualitas air limbah, alternatif IPAL yang sesuai menggunakan metode Biofilter aerob. Luas lahan yang digunakan untuk pembangunan IPAL 19,89 m <sup>2</sup> .
4	Kristianus Octavianus Magnus Prima Putra Nanga	2018	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kelurahan Lemahputro Dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo	Wilayah Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare termasuk wilayah yang memiliki dataran landai sehingga pengaliran air limbah dapat dilakukan dengan sistem gravitasi. Sistem IPAL yang digunakan dari segi kualitas pengolahan mampu menghasilkan effluent dibawah baku mutu PERMEN LHK 68 Tahun 2016 untuk TSS, BOD,

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			Kabupaten Sidoarjo	COD, Minyak dan Lemak, Amonia dan Total Coliform.
5	Shohifah Shaf1, Annisya Alifvia Soeharton o, Yashinta K. D. Sutopo, Muhamma d Fathien Azmy	2021	Identifikasi Permasalahan Infrastruktur Drainase di Kampus Universitas Hasanuddin Tamalanrea, Kota Makassar	Jaringan drainase di Kawasan Unhas Tamalanrea mengikuti pola jaringan jalan yang tergolong dalam saluran drainase tersier, kemudian menuju saluran drainase sekunder yang berada di Jalan Politeknik yang merupakan batas Kawasan Unhas Tamalanrea, serta bermuara ke Sungai Tallo sebagai saluran drainase primer. Jaringan drainase tidak hanya digunakan dalam mengaliri limpasan air hujan, tetapi berfungsi juga untuk mengaliri air kotor. Volume air kotor di lokasi penelitian yaitu sebanyak 1,764,160 liter/orang/hari. Permasalahan utama yang terjadi yaitu kualitas dimensi jaringan drainase yang belum mampu menampung air kotor serta limpasan air hujan yang tiba secara bersamaan mengakibatkan seringnya terjadi genangan air di lokasi penelitian.
6	Rupesh Kumar Patel,	2016	Design of a Prototype Sewage Treat	Dalam penelitian ini skema pengolahan air limbah domestik dan pengelolaan limbah yang

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	Deepak Lal		ment Plantfor SHIATS Campus	dihasilkan di asrama SHIATS dan kawasan perumahan telah dikembangkan. Total air limbah domestik yang dihasilkan dalam satu hari adalah 3,6ML. Skemanya adalah diusulkan untuk dibangun di SHIATS Crop Research Farm dekat NH-27. Air yang diolah akan disuplai mengairi tanaman di Ladang Penelitian dan sisa lumpur setelah pengolahan akan digunakan sebagai pupuk kandang di Ladang. Itu penggunaan air yang telah diolah akan mengurangi penggunaan air tanah dan selain itu lumpur yang telah diolah akan sangat bermanfaat meningkatkan kesuburan tanah.
7	Cahaya Al Amin, Mahmud, dan Nopi Stiyati	2020	Perencanaan Dan Perancangan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Untuk Kawasan	Berdasarkan data analisis kualitas dan kuantitas air limbah dan pertimbangan dengan metode skoring, maka teknologi biofilter anaerob aerob ditetapkan sebagai teknologi pengolahan air limbah domestik dengan nilai total sebesar 2,85. Unit-unit yang direncanakan pada instalasi

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			ULM Banjarbaru	pengolahan air limbah ini ialah bak ekualisasi, bak pengendapan awal, bak biofilter anaerob, bak biofilter aerob dan bak pengendapan akhir. Bak ekualisasi memiliki dimensi panjang sebesar 8 m; lebar 5 m; kedalaman 3,5 m. Bak pengendap awal memiliki dimensi panjang sebesar 6 m; lebar 5 m; dan kedalaman sebesar 3,5 m. Bak biofilter anaerob memiliki dimensi panjang sebesar 12,5 m; lebar 5 m; dan kedalaman 2,5 m. Bak biofilter aerob memiliki nilai 9,6 m; lebar 5 m dan kedalaman 2,5 m. Bak pengendap akhir memiliki dimensi sebesar 4 m; lebar 5 m dan kedalaman 2,5 m.
8	Qurrotul Uyun, Eka Wardhani, dan Nico Halomoan	2019	Pemilihan Jenis Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bekasi Selatan	Kecamatan Bekasi Selatan pada tahun 2017 memiliki kepadatan penduduk 154 jiwa/Ha, muka air tanah 4-200 m dengan kedalaman sumur gali 4-16 m dan kedalaman sumur bor 200 m,, permeabilitas tanah 6,19-8,89 x 10 <sup>-6</sup> m/detik, mampu dalam memenuhi terdapat dana belanja APBD murni untuk sanitasi sejak

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				tahun 2010 sejumlah Rp.2.545.203.789.960,-, dan kemiringan tanah 1-2%. Berdasarkan hasil tersebut, parameter kedalaman muka air tanah tidak memenuhi persyaratan Permen PUPR No.4/2017, sehingga jenis SPALD yang terpilih di Kecamatan Bekasi Selatan adalah SPALD-S skala komunal.
9	Mutiara Zikron, Jecky Asmura, Aryo Sasmita	2019	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kampus Universitas Riau	Teknologi yang digunakan untuk instalasi pengolahan air limbah yaitu terdiri dari bak ekualisasi, bak <i>Anaerobic Baffle Reactor</i> (ABR) dan desinfeksi. Dimensi untuk bangunan bak ekualisasi yaitu panjang 7 m, lebar 4 m, dan tinggi 2,2 m, dimensi untuk bangunan bak <i>Anaerobic Baffle Reactor</i> (ABR) yaitu panjang 19 m, lebar 9,5 m, dan tinggi 1,5 m, sedangkan dimensi untuk bangunan bak desinfeksi yaitu panjang 4 m, lebar 2 m, dan tinggi 1,2 m.
10	Hedry Arya Pratama	2022	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah	Pengolahan air limbah domestik di Yayasan Pondok Pesantren Al-Jaly menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			(IPAL) Domestik Yayasan Pondok Pesantren Al-Jaly Kabupate Bangkalan	biofilter aerob dengan debit air limbah yang masuk ke IPAL sebesar 48,58 m <sup>3</sup> /hari. Total rencana anggaran biaya (RAB) pada perencanaan IPAL domestik di Yayasan Pondok Pesantren Al- Jaly adalah sebesar Rp. 243.046.000