

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Puskesmas**

##### **1. Definisi Puskesmas**

Fasilitas Pelayanan Kesehatan adalah suatu tempat yang digunakan untuk menyelenggarakan upaya pelayanan kesehatan, baik promotif, preventif, kuratif maupun rehabilitatif yang dilakukan oleh pemerintah, pemerintah daerah dan/atau masyarakat. Puskesmas merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan upaya kesehatan masyarakat dan upaya kesehatan perseorangan tingkat pertama, dengan lebih mengutamakan upaya promotif dan preventif di wilayah kerjanya. (Permenkes No.43 Tahun 2019, I:1( ayat 1 dan 2))

Puskesmas dikategorikan menjadi 2 yaitu Puskesmas Non Rawat Inap dan Puskesmas Rawat Inap. Puskesmas Non Rawat Inap merupakan Puskesmas yang menyelenggarakan pelayanan rawat jalan, perawatan di rumah (home care), dan pelayanan gawat darurat (Permenkes No.43 Tahun 2019, , IV: :29 ( ayat 1 dan 2))

##### **2. Jenis Pelayanan Puskesmas Rawat Jalan**

Puskesmas non rawat inap sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a merupakan Puskesmas yang menyelenggarakan pelayanan rawat jalan, perawatan di rumah (home care), dan pelayanan gawat darurat Puskesmas nonrawat inap sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dapat

menyelenggarakan rawat inap pada pelayanan persalinan normal  
Permenkes No.43 Tahun 2019, IV:29:2-3)

**Tabel 2. 1 Jumlah Dan Jenis Ruang Di Puskesmas**

No	Nama Ruang	Keterangan
<b>Ruang Kantor</b>		
1	Ruang administrasi	
2	Ruang Kantor Untuk karyawan	
3	Ruang Kepala Puskesmas	
4	Ruang rapat/diskusi	Dapat digunakan untuk kegiatan lain dalam mendukung pelayanan kesehatan (ruang multifungsi)
<b>Ruang Pelayanan</b>		
5	Ruangan pendaftaran dan rekam medic	Terdapat pemisah/ prioritas antrian pendaftaran bagi ibu hamil, penyandang disabilitas dan lansia
6	Ruangan pemeriksaan umum	

7	Ruangan tindakan gawat darurat	
8	Ruangan KIA, KB dan imunisasi	Ruang KIA, KB dan imunisasi juga di gunakan untuk pemeriksaan anak sakit (pelayanan MTBS) dan pemeriksaan tumbuh kembang
9	Ruangan pemeriksaan khusus	Dapat di gunakan untuk memeriksa pasien yang ber resiko menularkan penyakit dan pasien yang memerlukan akses khusus seperti TB, HIV/AIDS dan lain- lain.
10	Ruangan Kesehatan Gigi dan mulut	
11	Ruangan komunikasi informasi dan edukasi (KIE)	Dipergunakan untuk konsultasi dan konseling.
12	Ruang farmasi	Sesuai dengan Standar Pelayanan Kefarmasian di Puskesmas.
13	Ruangan persalinan	Pada puskesmas yang mampu memberikan pelayanan persalinan normal. Jumlah tempat tidur berdasarkan analisis kebutuhan pelayanan persalinan dan

		ketersediaan sumber daya
14	Ruangan rawat pasca persalinan	Pada puskesmas yang mampu memberikan pelayanan persalinan normal. Jumlah tempat tidur berdasarkan analisis kebutuhan pelayanan persalinan dan ketersediaan sumber daya ibu dan bayi di rawat gabung dalam satu ruangan.
15	Laboratorium	Sesuai dengan Standar Pelayanan Laboratorium di Puskesmas.
Ruang Penunjang		
16	Ruang tunggu	Di prioritaskan untuk ibu hamil, penyandang disabilitas dan lansia
17	Ruang Asi	
18	Ruangan sterilisasi	
19	Ruang cuci linen	
20	Ruangan Penyelenggaraan Makanan (dapur/pantry)	Dapat memiliki fungsi hanya sebagai tempat penyajian makanan.

21	Gudang umum	
22	Kamar mandi/WC (laki-laki dan perempuan terpisah)	Dikondisikan untuk dapat digunakan oleh penyandang disabilitas dan lansia
23	Rumah dinas tenaga kesehatan	Merupakan rumah jabatan tenaga kesehatan dan berjumlah paling sedikit 3 (tiga) unit sebaiknya di lingkungan puskesmas.
24	Parkir kendaraan roda 2 dan 4 serta garasi untuk ambulans dan Puskesmas keliling	

sumber: Lampiran Permenkes No.43 Tahun 2019

## B. Limbah Cair

### 1. Definisi Limbah Cair

Badan Air adalah air yang terkumpul dalam suatu wadah baik alami maupun buatan yang mempunyai tabiat hidrologikal, wujud fisik, kimiawi, dan hayati. Air Limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. 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. (Permen LH No.05 Tahun 2021, I: :1( 7,8,10))

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair (Permen LH No.05 Tahun 2014 :I:1 (29))

## **2. Sumber Air Limbah Fasyankes**

Air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit atau fasilitas pelayanan kesehatan yang lain merupakan salah satu sumber pencemaran air yang sangat potensial karena mengandung senyawa organik yang cukup tinggi, serta senyawa kimia lain yang berbahaya serta mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu air limbah tersebut harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan maupun masalah kesehatan masyarakat. Adapun Jenis air limbah yang ada di Rumah Sakit atau fasilitas pelayanan kesehatan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Air limbah domestik, dari WC, kamar mandi, dan dapur.
- b. Air limbah klinis, air bekas cucian luka, cucian darah, dll
- c. Air limbah laboratorium klinik dan kimia, biasanya mengandung logam berat yg apabila dialirkan ke IPAL perlu pengolahan awal secara kimia-fisika
- d. Air limbah radioaktif (tidak boleh masuk ke IPAL, harus mengikuti petunjuk dari BATAN)

Oleh karena potensi dampak terhadap lingkungan maupun kesehatan masyarakat sangat besar maka berdasarkan Permenkes No.7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit maka setiap fasilitas pelayanan kesehatan diwajibkan memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Sedangkan baku mutu air limbah mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No: P.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

### **3. Karakteristik dan Parameter Air Limbah**

Menurut (Kencanawati, 2016) Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui yaitu :

#### **a. Sifat Fisik**

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan total padatan, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperature. Sifat fisik ini beberapa diantaranya dapat dikenali secara visual tapi untuk mengetahui secara pasti maka digunakan analisis laboratorium.

##### **1) Padatan**

Dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua golongan besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun sifat inorganic tergantung dari mana sumber limbah. Disamping kedua jenis padatan ini ada lagi padatan yang dapat terendap karena mempunyai diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang dalam beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya.

## 2) Kekeruhan

Sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung karena ada partikel koloidal yang terdiri dari kwartz, tanah liat, sisa bahan-bahan, protein dan ganggang yang terdapat dalam limbah. Kekeruhan merupakan sifat optis larutan. Sifat keruh membuat hilang nilai estetikanya.

## 3) Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfide atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses alamiah. Dengan adanya bau ini akan lebih mudah menghindarkan tingkat bahaya yang ditimbulkannya dibandingkan dengan limbah yang tidak menghasilkan bau.

## 4) Temperatur

Limbah yang mempunyai temperatur panas yang akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperature alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktifitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar pada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah.

## 5) Warna

Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman, air dan buangan industri. Warna berkaitan dengan kekeruhan, dan dengan menghilangkan kekeruhan kelihatan warna nyata. Demikian juga warna dapat disebabkan zat-zat terlarut dan zat tersuspensi. Warna menimbulkan pemandangan yang jelek dalam air limbah meskipun warna tidak menimbulkan sifat racun.

### **b. Sifat Kimia**

Karakteristik kimia air limbah ditentukan oleh BOD, COD, dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah. 1) BOD  
Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. Diperhitungkan selama dua hari reaksi lebih dari sebagian reaksi telah tercapai.

#### 1) BOD

Adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan ( mengoksidasikan ) semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagai tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Nilai ini hanya merupakan jumlah bahan organik yang dikonsumsi bakteri. Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Aktifnya bakteri-bakteri menguraikan bahan-bahan organik bersamaan dengannya habis pula dikonsumsi oksigen.

## 2) COD

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisa BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis. Untuk mengatasinya lebih tepat menggunakan analisa COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganis dan organis sebagaimana pada BOD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganik.

## 3) Methan

Gas methan terbentuk akibat penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob pada air limbah. Gas ini dihasilkan lumpur yang membusuk pada dasar kolam, tidak berdebu, tidak berwarna dan mudah terbakar. Methan juga ditemukan pada rawa-rawa dan sawah.

## 4) Keasaman air

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah menjadikan air steril dan sebagai akibatnya membunuh mikroorganisme air yang diperlukan untuk keperluan biota tertentu. Limbah air dengan

keasaman tinggi bersumber dari buangan yang mengandung asam seperti air pembilas pada pabrik pembuatan kawat atau seng.

5) Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas air ditentukan air senyawa karbonat, garam-garam hidrokisda, magnesium dan natrium dalam air. Tingginya kandungan zat tersebut mengakibatkan kesadahan dalam air. Semakin tinggi kesadahan suatu air semakin sulit air berbuih.

6) Lemak dan minyak

Kandungan lemak dan minyak yang terdapat dalam limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak bersumber dari proses klasifikasi dan proses perebusan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput.

7) Oksigen terlarut

Keadaan oksigen terlarut berlawanan dengan keadaan BOD. Semakin tinggi BOD semakin rendah oksigenterlarut. Keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Semakin banyak ganggang dalam air semakin tinggi kandungan oksigennya.

8) Logam-logam berat dan beracun Logam berat pada umumnya adalah metal-metal seperti copper, selter pada cadmium, air raksa, lead, chromium, iron dan nikel. Metal lain yang juga termasuk metal berat

adalah arsen, selenium, cobalt, mangan, dan aluminium. Logam-logam ini dalam konsentrasi tertentu membahayakan bagi manusia.

### c. Sifat Biologis

Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawaan. Protein adalah salah satu senyawa kimia organik yang membentuk rantai kompleks, mudah terurai menjadi senyawa-senyawa lain seperti asam amino. Bahan yang mudah larut dalam air akan terurai menjadi enzim dan bakteri tertentu. Bahan ragi akan terfermentasi menghasilkan alkohol. Pati sukar larut dalam air, akan tetapi dapat diubah menjadi gula oleh aktifitas mikrobiologi. Bahan-bahan ini dalam limbah akan diubah oleh mikroorganisme menjadi senyawa kimia yang sederhana seperti karbon dioksida dan air serta amoniak. Ginting,2006 dalam (Kencanawati, 2016)

## 4. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. P.68 Tahun 2016 Baku Mutu Air Limbah Domestik adalah sebagai berikut :

**Tabel 2. 2 Parameter Limbah Pelayanan Kesehatan**

<b>Parameter</b>	<b>Kadar Maksimum (mg/L)</b>	<b>Satuan</b>
pH	-	6-9

Bod	Mg/L	30
Cod	Mg/L	100
Tss	Mg/L	30
Minyak Dan Lemak	Mg/L	5
Amoniak	Mg/L	10
Total Coliform	jumlah/ 100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

(Sumber : Lampiran Permen LH No. P.68 tahun 2016 Baku Mutu Air Limbah Domestik)

## 5. Dampak Buruk Air Limbah

Menurut (Suyasa, 2015) Jenis dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran air banyak sekali ragamnya. Dampak ini dapat terbagi dan dikategorikan ke dalam empat kelas antara lain Dampak terhadap kehidupan biota air, kualitas air tanah, kesehatan dan Estetika lingkungan.

### a. Dampak terhadap Kehidupan Biota Air

Zat pencemar di dalam air akan menurunkan kadar oksigen yang terlarut di dalam air. Oksigen diperlukan untuk mendegradasi / menguraikan zat-zat pencemar. Kehidupan air membutuhkan jumlah oksigen yang cukup. Jika kadar oksigennya menurun sampai pada tingkat tertentu, maka kehidupan biota perairan akan terganggu. Kematian biota perairan antara lain ikan-ikan dan tumbuhan air juga

disebabkan oleh adanya zat-zat beracun. Jika bakteri mati, maka proses penjernihan air limbah secara alamiah juga akan mengalami hambatan. Polusi termal dari limbah juga akan mengganggu kehidupan biota perairan.

b. Dampak terhadap Kualitas Air Tanah

Polutan akan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Pada proses peresapan ini, tanah akan menjadi jenuh. Hal ini akan menimbulkan gangguan terhadap air tanah, sebagai salah satu sumber air minum yang paling banyak digunakan.

c. Dampak terhadap Kesehatan

Dampak terhadap kesehatan tergantung dari kualitas air, karena air merupakan media bagi penyebaran penyakit. Penularan penyakit dapat bermacam-macam yaitu : Air sebagai media hidup bagi mahluk hidup termasuk mikroba, air sebagai sarang penyebar penyakit dan jumlah air yang berkurang menyebabkan tidak tercukupinya kebutuhan manusia untuk membersihkan dirinya. Di Indonesia terdapat beberapa penyakit yang dikategorikan sebagai waterborn diseases atau penyakit yang dibawa oleh air. Penyakit ini dapat menyebar apabila mikroba penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Jenis mikroba yang penyebarannya melalui air cukup banyak, antara lain bakteri, protozoa dan virus.

d. Dampak terhadap Estetika Lingkungan

Proses Industri menghasilkan hasil samping berupa limbah / bahan buangan. Jumlah limbah yang dihasilkan berbanding lurus dengan

tingginya kegiatan produksi. Limbah dapat diolah dengan cara diendapkan terlebih dahulu, namun metode ini menimbulkan dampak bau yang menyengat. Penumpukan limbah juga memerlukan wilayah yang luas agar tidak mengganggu sanitasi dan kesehatan di pemukiman penduduk. Masalah ini disebut sebagai masalah estetika lingkungan. Limbah minyak dan lemak juga menimbulkan masalah estetika lingkungan, yaitu sekitar tempat pembuangan limbah menjadi licin.

### **C. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)**

#### **1. Definisi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)**

Instalasi pengolahan air limbah fasilitas pelayanan kesehatan adalah bangunan air yang berfungsi untuk mengolah air buangan yang berasal dari kegiatan yang ada di fasilitas pelayanan kesehatan. (Pedoman Teknis IPAL, 2011 : 1)

IPAL berfungsi dan bermanfaat bagi manusia serta makhluk hidup lainnya, antara lain:

- a. Untuk mengolah Air Limbah domestik atau industri, agar air tersebut dapat di gunakan kembali sesuai kebutuhan masing-masing.
- b. Untuk menghilangkan zat / mikroorganisme pencemar, agar air limbah yang akan di alirkan kesungai tidak tercemar.
- c. Agar biota-biota yang ada di sungai tidak mati akibat air buangan

## 2. Tahap Pengolahan Limbah Cair

Air limbah sebelum dilepas ke pembuangan akhir harus menjalani pengolahan terlebih dahulu. Untuk dapat melaksanakan pengolahan air limbah yang efektif diperlukan rencana pengelolaan yang baik. Adapun tujuan dari pengelolaan air limbah itu sendiri, antara lain :

- a. Mencegah pencemaran pada sumber air rumah tangga.
- b. Melindungi hewan dan tanaman yang hidup di dalam air.
- c. Menghindari pencemaran tanah permukaan.
- d. Menghilangkan tempat berkembangbiaknya bibit dan vektor penyakit (Khaliq, 2019).

Ditinjau dari tahapan pengolahan limbah cair, ada beberapa tahap pengolahannya :

- a. Pertama (Primary treatment)

Pengolahan primer merupakan pengolahan secara fisik. Pengolahan ini berfungsi untuk menghilangkan zat-zat yang bisa mengendap seperti suspended solid, zat yang mengapung seperti lemak. Partikel-partikel padatan yang berukuran besar akan disisihkan pada tahap ini, baik berupa penyaringan ataupun pengendapan. Pengolahan ini mampu mengurangi 60% suspended solid dan 30 % BOD. Selain itu pengolahan ini merupakan pengolahan sebelum limbah cair masuk ke tahap pengolahan kedua. Contoh dari unit pengolahan pertama adalah

- 1) Saringan (*Bar Screen/Bar Racks*)
- 2) Pencacah (*Comminutor*)
- 3) Bak Perangkap Pasir (*Grit Chamber*)

4) Penangkap Lemak Minyak (*Skimmer And Grease Trap*)

5) Bak Penyetaraan (*Equalization Basin*).

(Sihombing, 2021).

b. Pengolahan Tahap Kedua (Secondary treatment)

Merupakan pengolahan kedua, bertujuan untuk mengkoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilisasikan zat organik dalam limbah. Pengolahan limbah rumah tangga bertujuan untuk mengurangi kandungan bahan organik, nutrisi nitrogen, dan fosfor. Penguraian bahan organik ini dilakukan oleh makhluk hidup secara *aerobik* (menggunakan oksigen) dan *anaerobik* (tanpa oksigen).

1) Secara *aerobik*, penguraian bahan organik dilakukan mikroorganisme dengan bantuan oksigen sebagai electron acceptor dalam air limbah. Selain itu, aktivitas aerobik ini dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (activated sludge) yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir aktivitas aerobik sempurna adalah CO<sub>2</sub>, uap air, dan excess sludge. Terdapat dua hal penting dalam proses ini, yakni proses pertumbuhan bakteri dan proses penambahan oksigen

2) Secara *anaerobik*, penguraian bahan organik dilakukan tanpa menggunakan oksigen. Hasil akhir aktivitas *anaerobik* adalah biogas, uap air, dan excess sludge.(Kencanawati, 2016)

c. Pengolahan Tahap Ketiga (Tertiary treatment)

Merupakan lanjutan dari pengolahan kedua, yaitu penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan posfat, serta penambahan

klor untuk memusnahkan mikroorganisme patogen. Dalam pengolahan air limbah dapat dilakukan secara alami atau secara buatan, perlu dilakukan berbagai cara pengendalian antara lain menggunakan teknologi pengolahan limbah cair, teknologi proses produksi, daur ulang, reuse, recovery dan juga penghematan bahan baku dan energi .

Sludge Drying Bed (SDB) merupakan bangunan pengolahan lumpur dengan sistem pengeringan. Unit sludge drying bed (SDB) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur dari unit final clarifier dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari (Dian dan Herumurti, 2016). Unit ini biasanya berbentuk persegi panjang, yang terdiri dari lapisan pasir, kerikil, dan pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan tergantung dari cuaca, terutama sinar matahari (Metcalf dan Eddy, 2003). SDB dilengkapi dengan filter cloth dan lapisan pasir sehingga air yang terkandung dalam lumpur akan meresap melewati filter dan pasir. Sedangkan partikel padatan akan tertahan di permukaan lapisan pasir dan akan mengalami proses pengeringan (Hamonangan et al., 2017).

Lumpur yang telah kering dikuras secara manual atau mekanis. Kadar air dari lumpur yang akan dikeringkan melalui drying bed ini tidak lebih dari 90% (Budiati, 1989). Menurut Qasim (1985), waktu pengeringan lumpur tinja adalah 10 – 15 hari. Waktu pengeringan lumpur yang cukup dimaksudkan agar diperoleh kondisi kering (kadar air cake optimal 60 - 80%), yang mudah dalam pengangkutannya

sehingga cake dapat dipakai sebagai tanah urug pada landfill, kompos, atau untuk proses pengeringan selanjutnya.

Kelebihan dan Kekurangan SDB adalah pengoperasian yang sangat sederhana dan mudah, biaya operasional relatif rendah dan hasil olahan lumpur bisa kering atau kandungan padatan yang tinggi. Kelemahan sistem ini adalah membutuhkan lahan yang luas dan sangat tergantung cuaca (Selintung et al., 2016).

### 3. Pengaliran Limbah Cair Melalui Perpipaan

Sistem perpipaan pada pengaliran air limbah berfungsi untuk membawa air limbah dari satu tempat ketempat lain agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Prinsip pengaliran air limbah pada umumnya adalah gravitasi tanpa tekanan, sehingga pola aliran adalah seperti pola aliran pada saluran terbuka. Dengan demikian ada bagian dari penampang pipa yang kosong. Pada umumnya perbandingan luas penampang basah ( $a$ ) dengan luas penampang pipa ( $A$ ) adalah sebagai berikut:

Untuk pipa dengan diameter :  $\emptyset < 150 \text{ mm}$  ;  $a/A = 0,5$  dan  $f$

Diameter  $\emptyset > 150 \text{ mm}$  ;  $a/A = 0,7$

Pemilihan bahan pipa harus betul-betul dipertimbangkan mengingat air limbah banyak mengandung bahan padat yang mengganggu atau menurunkan kekutan pipa. Demikian pula selama pengangkutan dan pemasangannya, diperlukan kemudahan serta kekuatan fisik yang memadai.

a. Pipa beton

- 1) Pada pengaliran gravitasi (lebih umum) dan bertekanan
- 2) Untuk pembuatan sifon
- 3) Untuk saluran drainase dengan diameter (300-3600) mm akan lebih ekonomis mengingat durabilitasnya jauh lebih baik dibandingkan dengan bahan saluran lainnya
- 4) Hindari aplikasi sebagai sanitary sewer dengan dimensi kecil terutama bila ada air limbah industri atau mengandung H<sub>2</sub>S berlebih. Untuk dimensi kecil hingga diameter 45 mm, biasanya dipakai pipa dengan bahan PVC atau lempung.
- 5) Pada sanitary trunk sewer, beton bertulang juga dipakai dengan diameter lebih besar daripada diameter VCP maksimal, dengan lining plastik atau epoksi (diproses monolit di pabrik); atau pengecatan bitumas-tik atau coal tar epoxy (dilakukan setelah instalasi di lapangan).

b. Pipa Cast iron

- 1) Bangunan layang di atas tanah (perlintasan sungai, jembatan dan sebagainya)
- 2) Stasiun pompa
- 3) Pengaliran (pembawa) lumpur
- 4) Pipa bertekanan
- 5) Situasi yang sulit (misal pondasi jelek)
- 6) Pipa yang diaplikasikan pada tanah yang bermasalah dengan akar pepohonan

- 7) Tidak cocok bila diaplikasikan pada: - daerah payau yang selalu ada aksi elektrolit. - sambungan rumah karena biaya mahal - daerah dengan tanah mengandung sulfat
  - 8) Pipa yang akan dipasang pada kedalaman lebih dari 0,5 m mengingat bila menggunakan cara pemasangan pipa dangkal cenderung akan menemukan banyak gangguan.
- c. Pipa asbes semen
- 1) Sambungan rumah
  - 2) Saluran gravitasi
  - 3) Pipa bertekanan (terbatas)
- d. Vitrified Clay Pipe (VCP)
- 1) Untuk pipa pengaliran gravitasi
  - 2) Sebagai sambungan rumah (SR)
    - (a) SR pipa standar
    - (b) SR pipa dengan riser vertikal (F.Mubin, 2006)

Syarat-syarat pengaliran air limbah yang harus diperhatikan, dalam perencanaan jaringan saluran air limbah adalah :

- a) Pengaliran secara gravitasi
- b) Batasan kecepatan minimum dan maksimum harus diperhatikan.  
Kecepatan minimum untuk memungkinkan terjadinya proses selfcleansing, sehingga bahan padat yang terdapat didalam saluran tidak mengendap di dasar pipa, agar tidak mengakibatkan penyumbatan, sedangkan kecepatan maksimum mencegah pengikisan pipa oleh bahanbahan padat yang terdapat didalam saluran.

c) Jarak antara bak kontrol pada perpipaan mengurangi akumulasi gas dan memudahkan pemeliharaan saluran. Melihat fungsi perpipaan penyaluran air limbah buangan dibedakan atas : Pipa persil, pipa servis, pipa lateral/pipa cabang dan pipa induk dengan keterangan sebagai berikut :

- Pipa persil, yaitu pipa saluran yang umumnya terletak didalam pekarangan rumah dan langsung menerima air buangan dari dapur atau kamar mandi/wc.
- Pipa servis yaitu pipa saluran yang menampung air buangan dari pipa-pipa persil dan terletak dijalan didepan rumah.
- Pipa lateral, yaitu pipa saluran yang menerima air buangan dari pipa-pipa servis.
- Pipa induk pipa air buangan yang menerima air buangan dari pipa lateral. Pipa ini langsung terhubung ke instalasi pengolahan air limbah.

(Dirjen Cipta karya, 2016)

#### **D. Perencanaan Sistem Biofiter *Anaerob Aerob***

##### **1. Kajian Pendahuluan Penetapan Sistem Biofilter *Anaerob Aerob***

###### **a. Sumber Air Limbah Fasyankes**

###### **1) Kamar mandi**

Air limbah yang di hasilkan dari kamar mandi termasuk air limbah domestic, air limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari aktivitas makhluk hidup sehari-hari manusia yang

berhubungan dengan pemakaian air ( PermenLHK/68, 2016). Pada perencanaan ini air limbah domestic di alirkan langsung ke bak ekualisasi dan kemudian lanjut ke tahap selanjutnya. Karakteristik air limbah domestic ialah jenis karakteristik fisika karena bias saja mengandung padatan dan di endapkan terlebih dahulu atau padatan yang mengapung dapat di sisihkan.

## **2) Toilet**

Tinja adalah bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia melalui anus dan merupakan sisa dari proses pencernaan makanan di sepanjang sistem saluran pencernaan. Pengertian tinja ini juga mencakup seluruh bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia termasuk karbon monoksida (CO<sub>2</sub>) yang dikeluarkan sebagai sisa dari proses pernafasan, keringat, lendir dari ekskresi kelenjar dan sebagainya (Soeparman, 2002). Karakteristik pada limbah cair tinja ialah biologis dan harus masuk ke pengolahan limbah cair tinja terlebih dahulu (septictank) sebelum masuk ke IPAL, karena karakteristik kotoran manusia berdasarkan buangan yang dihasilkan akibat kegiatan biologis ada dua macam, yaitu: buangan yang berbentuk cair (air kemih atau seni) buangan yang berbentuk padat (tinja atau feces), jika masuk ke IPAL akan mengganggu jalannya proses pengolahan air limbah.

## **3) Laboratorium**

Laboratorium Puskesmas adalah sarana pelayanan kesehatan di Puskesmas yang melaksanakan pengukuran, penetapan, dan

pengujian terhadap bahan yang berasal dari manusia untuk penentuan jenis penyakit, penyebaran penyakit, kondisi kesehatan, atau faktor yang dapat berpengaruh pada kesehatan perorangan dan masyarakat (Permenkes Nomor 37 Tahun 2012). Limbah laboratorium termasuk jenis limbah domestic, karakteristik limbah cair laboratorium ialah kimia karena Limbah cair laboratorium dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagian besar limbah cair laboratorium ini terdiri dari logam berat. Limbah cair laboratorium yang memiliki kandungan bahan kimia tinggi harus dilengkapi pre-treatmenya berupa bak pengolah bahan kimia (Permenkes No.7 Tahun 2019 : 65). Pada perencanaan ini peneliti akan merencanakn tabung filter karbon untuk pengolahan limbah cair laboratorium di karenakan biaya yang murah dan limbah yang di hasilkan tidak terlalu banyak.

#### **4) Ruang Periksa**

Pada ruang periksa seperti ruang periksa penyakit infeksi dan penyakit non infeksi serta ruang KIA, di lengkapi dengan sarana sanitasi seperti wastafel, dalam hal ini wastafel menjadi salah satu sumber air limbah, air limbah watafel termasuk jenis air limbah domestic, Pada perencanaan ini air limbah domestic di alirkan langsung ke bak ekualisasi dan kemudian lanjut ke tahap selanjutnya. Karakteristik air limbah domestic ialah jenis karakteristik fisika karena bias saja mengandung padatan dan di endapkan terlebih dahulu atau padatan yang mengapung dapat di sisihkan.

Sumber: Permen LH RI No: P.68 Tahun 2016

## **b. Sistem Pengolahan Air Limbah**

Menurut (M Sari, 2008) Sesuai dengan karakteristiknya maka pada dasarnya pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologis.

### **1) Proses Pengolahan Fisika**

Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Pemisahan padatan-padatan dari cairan atau limbah merupakan tahapan pengolahan yang sangat penting untuk mengurangi beban dan mengembalikan bahan-bahan yang bermanfaat serta mengurangi resiko rusaknya peralatan akibat adanya kebuntuan pada pipa, valve, dan pompa. Proses ini juga mengurangi abrasivitas cairan terhadap pompa dan alat-alat ukur yang dapat berpengaruh secara langsung terhadap biaya operasi dan perawatan peralatan. Cara pengolahan fisika antara lain :

#### **a) Mengayak**

Tujuannya adalah memisahkan kotoran-kotoran yang berupa zat padat kasar yang ada dalam air limbah. Ayakan dapat berupa kawat-kawat, kisi-kisi, kawat kasar maupun plat berlubang.

#### **b) Sedimentasi**

Adalah memisahkan partikel-partikel tersuspensi yang lebih berat dari air dengan membiarkan supaya air tidak bergerak dan kotoran diendapkan dengan gaya beratnya sendiri. Operasi ini sering dipakai misalnya untuk memisahkan pasir, kotoran-kotoran

khusus dalam tangki pengendap pendahuluan, flok biologi, flok-flok kimia dari proses koagulasi.

c) Pengapungan

Adalah operasi untuk memisahkan partikel-partikel padat atau cairan dari fase cairan yang lebih ringan dari fase cairnya. Pemisahan terjadi karena pemasukan gelembung-gelembung gas kedalam fase cair, gelembung melekat pada partikel-partikel dan mendorong naiknya partikel-partikel kepermukaan. Bahan yang dapat dipisahkan misal suspensi minyak dalam air (Sugiharto, 1987, 96).

**2) Proses Pengolahan Kimia**

Untuk limbah yang mengandung COD tinggi, jelas proses pengolahannya adalah proses kimia (Alaerts, 1984, 39). Pengolahan secara kimia pada IPAL biasanya digunakan untuk netralisasi limbah asam maupun basa, memperbaiki proses pemisahan lumpur, memisahkan padatan yang tak terlarut, mengurangi konsentrasi minyak dan lemak, meningkatkan efisiensi instalasi flotasi dan filtrasi, serta mengoksidasi warna dan racun (Siregar, 2005, 44).

a) Netralisasi

Perlakuan netralisasi ini dilakukan untuk menghilangkan aciditas atau alkalinitas. Pada umumnya, semua treatment air limbah dengan pH yang terlalu rendah

atau tinggi membutuhkan proses netralisasi sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan.

b) Presipitasi

Adalah pengurangan bahan-bahan terlarut dengan cara penambahan bahan-bahan kimia terlarut yang menyebabkan terbentuknya padatan-padatan (flok dan lumpur). Dalam pengolahan air limbah, presipitasi digunakan untuk menghilangkan logam berat, sulfat, fluorida, dan garam-garam besi

c) Koagulasi dan Flokulasi

Dalam pengolahan limbah cair, proses ini sangatlah mempunyai peranan yang sangat penting. Oleh sebab itu, faktor-faktor yang menunjang dalam proses koagulasi dan flokulasi haruslah diperhatikan. Pemilihan zat koagulan harus berdasar pertimbangan antara lain jumlah dan kualitas air yang akan diolah, kekeruhan, metode penyaringan serta sistem pembuangan lumpur endapan. Jenis koagulan antara lain Alum (Aluminium Sulfat), Ferro Sulfat, Poly Aluminium Chlorida (PAC) dan lain - lain (Tchobanoglous, George dkk, 2003, 526).

**Kelebihan**

1. Air hasil pengolahan relatif lebih jernih bila dibandingkan dengan dengan proses mekanik dan biologi

2. Kadar kekeruhan (turbidity), BOD, COD dan lainnya dialiran effluent jauh berkurang (efisiensi pengolahan sekitar 80-90%)
3. Bila dilewatkan melalui alat filtrasi, hasilnya menjadi lebih jernih dan dapat dimanfaatkan untuk kegiatan luntuk kegiatan lain (pencucian/washing, penyiraman tanaman lainnya)
4. Umpur yang terbentuk sekitar 1-4% dari debit influent (tergantung tingkat kekeruhan effluent)

#### **Kekurangan**

1. Terbentuk lumpur (sludge) dan dianggap sebagai lumpur B3.
2. Memerlukan tempat bahan kimia (koagulan dan flokulan), sehingga menambah biaya operasional.
3. Lumpur yang terbentuk relatif lebih banyak bila dibanding metode mekanik dan metode biologi
4. Perlu peralatan untuk treatment lumpur yang terbentuk (misal; filter press/belt press)
5. Diperlukan SDM yang memadai (bidang proses kimia).
6. Harus memiliki SOP (Standart Operating Procedure) dan data MSDS bahan (MSDS=Material Safety Data Sheet)
7. Diperlukan tempat untuk pengeringan lumpur (SDB = Sludge Drying Bed) Sludge Drying Bed

### 3) Pengolahan Air Limbah Secara Biologi

Pengolahan biologis adalah penguraian bahan organik yang terkandung dalam air limbah oleh jasad renik/ bakteri sehingga menjadi bahan kimia sederhana berupa unsur unsur dan mineral yang siap dan aman di buang ke lingkungan

Tujuan pengolahan ini adalah untuk menghilangkan dan mentabilkan zat zat pencemar organik yang terlarut di laksanakan oleh jasad renik, jasad renik dapat berupa bakteri, kapang, algae, protozoa, dan lain- lain.

Pengolahan limbah secara biologis terutama memanfaatkan kerja mikroorganisme. Dalam pengolahan ini polutan yang degradable (mudah diuraikan) dapat segera di hilangkan. Polutan tersebut merupakan makanan bagi bakteri, sehingga dalam waktu yang singkat bakteri akan berkembang biak menghabiskan polutan yang ada dalam air limbah dan menghasilkan lumpur biologis sebagai endapan, dalam pengolahan sistem biologi terdapat 2 jenis pengolahan yaitu pengolahan aerobik dan pengolahan anaerobic, masing- masing pengolahan memiliki keunggulan yaitu:

**Tabel 2. 3 Table Keunggulan Dan Kelemahan Pengolahan Aerobik**

<b>Pengolahan Secara Aerobic</b>	
<b>Keunggulan</b>	<b>Kelemahan</b>
1. Biaya pemeliharaan	1.Membutuhkan lahan yang luas

rendah	
2. Effluent yang d dihasilkan baik	2.Membutuhkan energy yang besar jika kolam aerasi di lengkapi aerator
3. Biaya instalasi awal rendah	
4. Tidak menimbulkan bau	

**Tabel 2. 4 Table Keunggulan Dan Kelemahan Pengolahan Anaerobik**

<b>Pengolahan Secara Anaerobic</b>	
<b>Keunggulan</b>	<b>Kelemahan</b>
1. Tidak membutuhkan energy listrik	1.Membutuhkan pencucian media secara berkala
2. Biaya operasionadan perawatan tidak terlalu mahal	2.Effluentnya membutuhkan pengolahan tambahan
3. Effisiensi BOD dan TSS tinggi	3.Effisiensi reduksi bakteri pathogen dan nutrient rendah
	4.Membutuhkan start up yang lama

## 2. Penetapan Rancangan Sistem Biofilter *Anaerob Aerob*

Penetapan rancangan sistem biofilter anaerob aerob di kaji dari sumber air limbah, karakteristik air limbah dan kelebihan dan kekurangan sistem pengolahan air limbah.

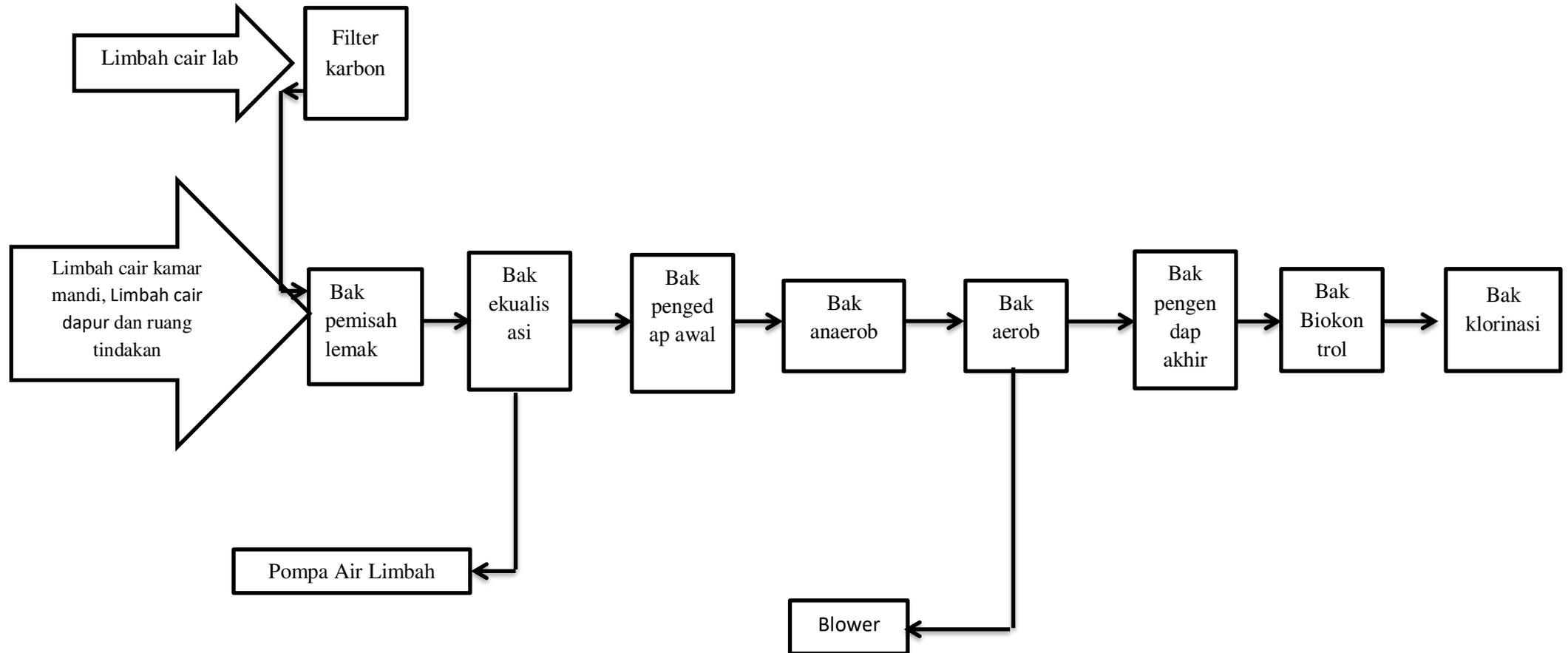
Dari berbagai jenis, sistem dan metode pengolahan limbah yang ada, peneliti akan merancang IPAL dengan sistem gabungan yaitu Biofilter *Anaerob Aerob* di Puskesmas Rawat Jalan Simpang Agung Lampung Tengah. Menurut Pedoman Teknis IPAL, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan sistem Biofilter Anaerob Aerob ini memiliki banyak keunggulan dibanding dengan sistem pengolahan yang lainnya seperti :

1. Pengolahannya sangat mudah dan biaya operasionalnya murah
2. Tidak perlu lahan yang luas
3. Tertutup dan bebas bau
4. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar
5. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik
6. Lumpur yang dihasilkan relatif sedikit.

Dari observasi pendahuluan yang menjadi sumber air limbah di Puskesmas Simpang Agung ialah, kamar mandi, laboratorium, ruang periksa (ruang periksa gigi, ruang periksa umum, dan ruang periksa KIA). Berikut ini diagram alir penetapan rancangan sistem pengolahan air limbah di Puskesmas Simpang Agung. Untuk baku mutu air limbah

peneliti mengacu pada Permen LH RI No: P.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestic.

**Gambar 2. 1 Diagram Alir Sistem Pengolahan Air Limbah Di Puskesmas Simpang Agung**



Sumber air limbah dari laboratorium terlebih dahulu di lakukan pre treatment, sumber air limbah laboratorium di aliran ke filter karbon karena air limbah laboratorioum, umumnya berasal dari buangan sisa pengujian dan pencucian. Sisa pengujian yang ikut terbuang bersama dengan air limbah lainnya, merupakan bahan-bahan kimia yang terpakai dalam pengujian. Penyaringan karbon menggunakan lapisan karbon aktif untuk menghilangkan kontaminan dan kotoran, menggunakan adsorpsi kimia, di mana molekul polutan dalam cairan yang akan dirawat terperangkap di dalam struktur pori substrat karbon.

Sumber air limbah yang berasal dari dapur terlebih dahulu di lakukan proses pemisahan lemak di bak pemisah lemak agar tidak mengganggu proses unit IPAL lainnya. Pengolahan pendahuluan untuk mengolah limbah cair dari dapur dapat berupa saringan atau screen untuk memisahkan kotoran padat berupa potongan sayuran, tulang, duri ikan, kulit buah atau sisa-sisa makanan dengan limbah cair. Selanjutnya limbah cair dialirkan ke unit pemisah lemak/minyak (grease trap). Di dalam unit ini minyak dan lemak akan terapung (flotasi). Minyak/lemak yang terapung di permukaan harus diambil secara periodik, dan limbah cair yang sudah bebas lemak dan minyak kemudian dialirkan menuju proses berikutnya (Mellyanawaty et al., 2018).

Sumber air yang berasal dari ruang periksa dan kamar mandi di alirkan langsung menuju pengolahan sistem *anaerob aerob* karena termasuk limbah domestic yang tidak memerlukan perlakuan khusus seperti sumber air limbah dapur dan laboratorium.

Setelah semua limbah di lakukan proses pendahuluan kemudian air limbah di alirkan ke bak ekualisasi. Bak ekualisasi ini berfungsi untuk mengatur debit air limbah yang akan diolah serta untuk menyeragamkan konsentrasi zat pencemarnya agar hogen dan proses pengolahan air limbah dapat berjalan dengan stabil. Selain itu dapat juga digunakan sebagai bak aerasi awal pada saat terjadi beban yang besar secara tiba-tiba (shock load) (Pedoman Teknis IPAL, 2011: 56)

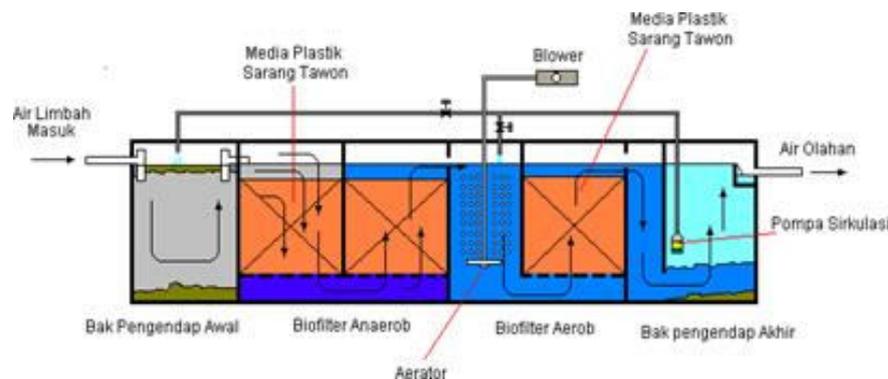
### **3. Pengolahan Air Limbah Sistem Biofilter *Anaerob Aerob***

Pengolahan air limbah dengan proses Biofilter *Anaerob-Aerob* adalah proses pengolahan air limbah dengan cara menggabungkan proses biofilter *anaerob* dan proses biofilter *aerob*. Dengan menggunakan proses biofilter *anaerob*, polutan organik yang ada di dalam air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metan tanpa menggunakan energi (blower udara), tetapi amoniak dan gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) tidak hilang. Oleh karena itu jika hanya menggunakan proses biofilter *anaerob* saja hanya dapat menurunkan polutan organik (BOD, COD) dan padatan tersuspensi (TSS).

Agar supaya hasil air olahan dapat memenuhi baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerob. Dengan proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ), amoniak akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat, sedangkan gas  $H_2S$  akan diubah menjadi sulfat. Dengan menggunakan

proses biofilter *anaerob-aerob* maka akan dapat dihasilkan air olahan dengan kualitas yang baik dengan menggunakan konsumsi energi yang lebih rendah.

Seluruh air limbah dialirkan masuk ke bak pengumpul atau bak ekualisasi, selanjutnya dari bak ekualisasi air limbah dipompa ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur. (Said, 2018).



**Gambar 2. 2 Proses Biofilter Anaerob-Aerob**

Sumber: (Pedoman Teknis Ipal 2011 :29)

Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke reaktor biofilter *anaerob*. Di dalam reaktor biofilter *anaerob* tersebut diisi dengan media dari bahan plastik tipe sarang tawon. Reaktor biofilter *anaerob* terdiri dari dua buah ruangan. Penguraian

zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikro-organisme. Mikro-organisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap.

Air limpasan dari reaktor biofilter *anaerob* dialirkan ke reaktor biofilter *aerob*. Di dalam reaktor biofilter *aerob* ini diisi dengan media dari bahan plastik tipe sarang tawon, sambil diberikan aerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikro organisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian air limbah akan kontak dengan mikro-organisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Proses ini sering di namakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*). Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak pengendap akhir sebagian air limbah dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur.

Sedangkan air limpasan (*overflow*) dialirkan ke bak biokontrol dan selanjutnya dialirkan ke bak kontaktor khlor untuk proses disinfeksi. Di dalam bak kontaktor khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikro-organisme patogen.

Air olahan/efluen, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. (Pedoman Teknis Ipal 2011 :29

#### **4. Contoh perhitungan disain IPAL Biofilter *Anaerob-Aerob***

Hasil analisis laboratorium air limbah UPTD Kesehatan Puskesmas Gondangwetan adalah BOD =172 mg/l; COD = 302 mg/l; TSS = 72 mg/l; dan pH = 6,5. Berdasarkan hasil pengujian tersebut ternyata air limbah Puskesmas Gondangwetan tidak memenuhi persyaratan baku mutu air limbah rumah sakit yang ditetapkan sesuai Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 61 tahun 1999. Hal ini yang mendukung untuk dilakukan pengolahan air limbah yang memadai sebelum dibuang ke sungai/saluran umum.

Prediksi parameter BOD setelah peningkatan jumlah kunjungan pasien dan pengembangan pelayanan kesehatan untuk 5 tahun mendatang akan mengalami kenaikan BOD  $\pm 25\%$ , sehingga besarnya BOD = 172 mg/l + (0,25 x 172) mg/l = 215 mg/l. Berdasarkan kriteria karakteristik air buangan/limbah menurut Metcalf & Eddy (2004), maka termasuk range BOD 220 mg/l dengan kategori kualitas medium.

Debit air limbah yang dihasilkan oleh Puskesmas Gondangwetan dalam perencanaan untuk 5 tahun mendatang adalah 18 m<sup>3</sup> /hr  $\approx$  0,2 l/det.

Skenario penurunan konsentrasi BOD Efisiensi penurunan BOD (BOD removal) pada proses pengolahan kombinasi biofilter anaerob-aerob tersebut direncanakan dari 220 mg/l menjadi 20 mg/l atau sebesar 90%,

sehingga diharapkan air olahan yang dihasilkan sudah memenuhi baku mutu air limbah.

### **Perhitungan Desain IPAL Biofilter**

#### **a. Bak Equalisasi/Bak Pengumpul**

Debit (Q) = 18 m<sup>3</sup> /hr,

debit puncak (Q peak) 200%= 36 m<sup>3</sup> /hr (Noerbambang, 2005)

dengan waktu tinggal = 1 jam, maka diperoleh

Volume bak = 36 m<sup>3</sup> /hr x 1/24 hr = 1,5 m<sup>3</sup>

Direncanakan dimensi bak berbentuk persegi panjang dengan ukuran : ditentukan lebar = 1,5 m, maka panjang = 1 m, kedalaman efektif = 1 m dan tinggi ruang bebas = 0,25 m, seperti pada gambar 1 dibawah ini. Bak Equalisasi dilengkapi dengan bar screen untuk menyaring sampah padat yang kemungkinan masuk ke IPAL.

#### **b. Bak Sedimentasi Awal**

Debit (Q) = 18 m<sup>3</sup> /hari

BOD in = 220 mg/l

Efisiensi = 25%

BOD out = 165 mg/l

Waktu tinggal = 4 jam,

Volume bak = 18 m<sup>3</sup> /hr x 4/24 hr = 3 m<sup>3</sup>

Direncanakan dimensi bak berbentuk persegi panjang dengan ukuran : lebar = 1,5 m, maka panjang = 1,25 m, kedalaman efektif = 1,5 m, tinggi ruang bebas = 0,25 m.

Untuk memperpanjang lintasan aliran air limbah agar tidak terjadi aliran singkat maka dibuat aliran zigzag dengan menambahkan sekat pada permukaan air limbah

**c. Bak Biofilter Anaerob**

Debit (Q) = 18 m<sup>3</sup> /hari

BOD in = 165 mg/l

Efisiensi = 70%

BOD out = 49,5 mg/l

Ditetapkan Beban BOD per volume media = 0,75 kg BOD/m<sup>3</sup> /hari maka : Beban BOD dalam air limbah = 18 m<sup>3</sup> /hr x 165 g/m<sup>3</sup> = 2.970 g/hr = 2,97 kg/hr

Volume media yang diperlukan = 2,97 kg/hr = 3,96 m<sup>3</sup> 0,75 kg/m<sup>3</sup> /hr

Bila volume media yang diperlukan = 60% x total volume reaktor maka, volume total reaktor yang diperlukan = 100/60 x 3,96 m<sup>3</sup> = 6,6m<sup>3</sup> .

Waktu tinggal air limbah dalam reaktor = 6,6 m<sup>3</sup> x 24 jam/hr = 8,8 jam 18 m<sup>3</sup> /hr

Sehingga diperoleh reaktor biofilter anaerob dengan dimensi : lebar = 1,5 m, maka panjang = 2,8 m, kedalaman efektif = 1,5 m, tinggi ruang bebas = 0,25 m.

jumlah ruang biofilter = dibagi 2 ruangan.

Dimensi media biofilter anaerob direncanakan sebagai berikut :

Tinggi media = 0,9 m Tinggi ruang lumpur = 0,4 m Tinggi air di

atas media = 0,2 m Jadi volume total media biofilter anaerob =  
 $0,9 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} = 3,78 \text{ m}^3$  .

Media dalam perencanaan ini menggunakan material kerikil atau batu pecah (split) dengan ukuran diameter 2-3 cm. Pemilihan media ini dengan alasan memiliki luas permukaan spesifik 100-200  $\text{m}^2 / \text{m}^3$  , harganya murah, mudah diperoleh di wilayah setempat dan telah teruji pada aplikasi pengolahan limbah dengan trickling filter (Metcalf & Eddy, 2004).

**d. Bak Biofilter Aerob**

Debit (Q) = 18  $\text{m}^3$  /hari

BOD in = 49,5 mg/l

Efisiensi = 60% BOD out = 20 mg/l

Beban BOD dalam air limbah = 18  $\text{m}^3$  /hr x 49,5 g/ $\text{m}^3$  = 891 g/hr  
 = 0,891 kg/hr

BOD removal = 60% x 0,891 kg/hr = 0,53 kg/hr

Jika ditetapkan Beban BOD per volume media = 0,4 kg BOD/ $\text{m}^3$  /hari, maka volume media yang diperlukan = 0,53 kg/hr = 1,325  $\text{m}^3$   
 $0,4 \text{ kg} / \text{m}^3 / \text{hr}$

Volume media = 40% x volume reaktor

Volume reaktor aerob diperlukan =  $100/40 \times 1,325 \text{ m}^3 = 3,125 \text{ m}^3$

Dalam perencanaan ini reaktor biofilter aerob terdiri dari 2 bagian yaitu bak untuk aerasi dan bak untuk media filter.

Sehingga diperoleh dimensi bak sebagai berikut :

a. Bak aerasi : Lebar = 1,5 m, kedalaman efektif = 1,5 m, panjang = 0,4 m dan tinggi ruang bebas = 0,25 m.

b. Bak media biofilter : Lebar = 1,5 m, kedalaman efektif = 1,5 m, panjang = 1 m dan tinggi ruang bebas = 0,25 m. Tinggi media mikroba = 0,9 m Tinggi ruang lumpur = 0,4 m Tinggi air di atas media = 0,2 m Total volume reaktor biofilter aerob = 1,5m x 1,5m x 1,4 m = 3,15 m<sup>3</sup> Waktu tinggal air limbah = 3,15 m<sup>3</sup> x 24 jam/hr = 4,2 jam 18 m<sup>3</sup> /hr Volume total efektif media biofilter = 1,5m x 1 m x 0,9 m= 1,35 m<sup>3</sup>

Perhitungan kebutuhan oksigen dalam perencanaan biofilter ini adalah sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan, yaitu : 0,5 kg/hr. Faktor keamanan = ± 2,0, maka Kebutuhan oksigen teoritis = 2 x 0,5 kg/hr = 1 kg/hr

Berat udara pada suhu 28 0C =1,1725 kg/m<sup>3</sup> Asumsi jumlah oksigen di dalam udara = 23,2%

Jumlah kebutuhan udara teoritis :

$$1 \text{ kg/hr}$$

= -----

$$1,1725 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ gO}_2/\text{g udara}$$

$$= 3,676 \text{ m}^3 \text{ /hr}$$

Apabila efisiensi diffuser = 5% maka kebutuhan udara aktual

$$= 3,676 \text{ m}^3 \text{ /hr} = 73,52 \text{ m}^3 \text{ /hr} = 51 \text{ l/mnt} \text{ } 0,05$$

Blower udara yang dapat digunakan untuk mensuplai udara ke dalam air limbah dengan kapasitas ± 75 l/menit adalah tipe Hi

BLOW 100. Diffuser yang digunakan adalah Perforated Pipe Diffuser atau yang setara.

**e. Bak Sedimentasi Akhir**

Debit (Q) = 18 m<sup>3</sup> /hari

Waktu tinggal = 4 jam

BOD = 20 mg/l

Volume bak sedimentasi akhir = 18 m<sup>3</sup> /hr x 4 /24 hr = 3 m<sup>3</sup>

Dimensi bak direncanakan berbentuk persegi panjang :

Bila lebar = 1,5 m, maka panjang = 1,4 m, Kedalaman efektif = 1,5 m, tinggi ruang bebas = 0,25 m.

Volume efektif = 1,4 m x 1,5 m x 1,5 m = 3,15 m<sup>3</sup>

**f. Bak Desinfeksi**

Klorinasi dengan bahan kaporit yang diinjeksikan menggunakan dosing pump/infuse chlorinator.

Perhitungan kebutuhan kaporit/hari

$$= 0,2 \text{ l/det} \times 100/70 \times 3 \text{ mg/l}$$

$$= 0,857 \text{ mg/det}$$

$$= 74,045 \text{ mg/hr}$$

$$= 0,74 \text{ kg/hr}$$

Sumber: Komariyah Siti dan Sugito,2011

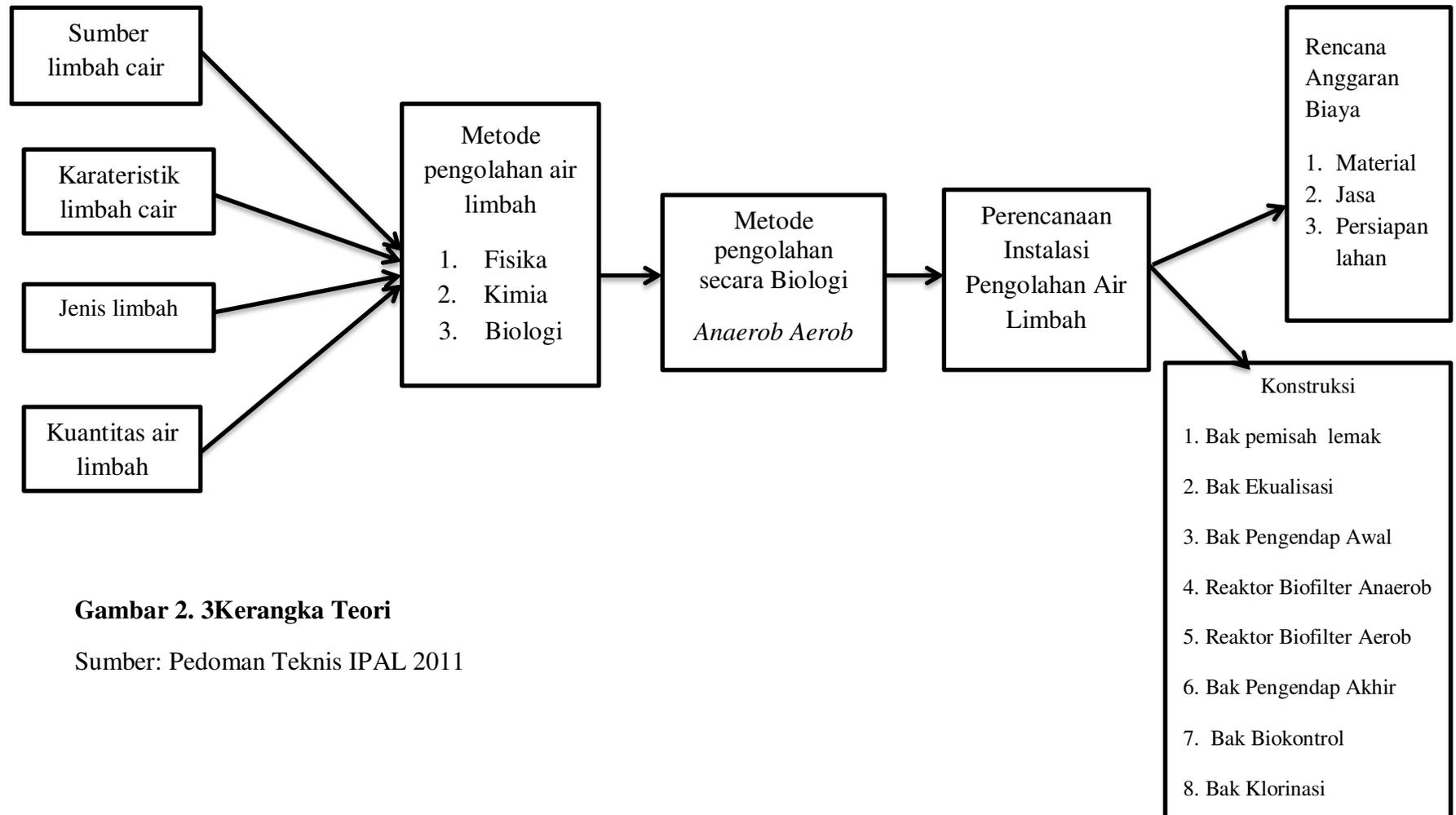
**5. Rencana Anggaran Biaya**

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Rencana Anggaran Biaya (RAB) diperoleh dari perkalian antara volume pekerjaan dengan hasil

analisis harga satuan pekerjaan. Analisis harga satuan pekerjaan berdasarkan:

1. Badan Standarisasi Nasional, 2008, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Besi Dan Alumunium Untuk Kontruksi Bangunan Gedung Dan Perumahan
2. Badan Standarisasi Nasional, 2002, Baja Tulangan Beton
3. Badan Standarisasi Nasional, 2008, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Tanah Untuk Kontruksi Bangunan Gedung dan Perumahan,
4. Badan Standarisasi Nasional, 2008, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Dinding Untuk Kontruksi Bangunan Gedung dan Perumahan,
5. Badan Standarisasi Nasional, 2008, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Kontruksi Bangunan Gedung dan Perumahan,
6. Badan Standarisasi Nasional, 2008, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Plesteran Untuk Kontruksi Bangunan Gedung dan Perumaha

## E. Kerangka Teori



**Gambar 2. 3** Kerangka Teori

Sumber: Pedoman Teknis IPAL 2011

## F. Kerangka Konsep

