

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

A. Air Limbah Domestik

1. Pengertian

Pengertian air limbah domestik adalah air buangan dari limbah rumah tangga berupa kotoran manusia berupa tinja (feses) dan Air seni (urine) maupun sullage. Campuran feses dan urine disebut sebagai excreta, sedangkan campuran excreta dengan air bilasan toilet disebut black water. Sullage (air limbah dari kamar mandi, cuci dapur) disebut juga Grey water. Kualitas limbah dinilai dari kondisi fisiknya, kandungan kimiawi, dan kandungan biologisnya. Berdasarkan penampilan fisik dari air limbah, cairan tersebut tersusun dari suspendel solid (plastic, faeces, dan lain-lain); colloidal tersuspensi (tidak mengendap); dan polutan terlarut. Kandungan biologis dalam bentuk mikroorganisme tersebut antara lain bakteri, jamur, protozoa, dan alga. Bakteri *Escherichia Coli* (*E. Coli*) adalah salah satu bakteri yang tergolong koliform dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia atau hewan (Fardiaz, 1992). Kandungan kimia antara lain pH, BOD₅, COD, TSS, Minyak dan lemak, Amoniak, TDS, Detergen (Diavid et al., 2018).

Limbah cair merupakan hasil buangan yang dapat berupa bahan organik dan anorganik yang terlarut. Limbah cair mempunyai karakteristik fisika, kimia dan biologi. Karakteristik fisika antara lain suhu, bau, densitas, warna, Total Suspended Solid (TSS), Total Solid (TS), konduktivitas dan kekeruhan. Karakteristik kimia terdiri atas Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Protein, Karbohidrat, minyak dan lemak serta derajat keasaman (pH). Karakteristik biologi terdiri atas bakteri dan mikroorganisme (Fitriyanti, 2020).

Standar baku mutu air limbah domestik menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016 dapat terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1
Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
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/100 mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022, 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 media air dan tanah dari suatu Usaha dan/atau Kegiatan (Zamrodah, 2016).

2. Sumber Air Limbah Rumah Tangga

Sumber air limbah buangan yang berasal dari rumah tangga dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- a. Grey Water yaitu air limbah yang berasal dari air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi;
- b. Black Water yaitu air limbah yang berasal dari tinja yang mengandung mikroba Pathogen dan air seni yang mengandung Nitrogen dan Fosfor;(Surianti, 2021)

3. Dampak Air Limbah

- a. Dampak terhadap Kesehatan

Dampak dalam kesehatan yaitu dapat menyebabkan dan menimbulkan penyakit, potensi bahaya kesehatan yang dapat di timbulkan adalah: penyakit diare dan tikus, penyakit ini terjadi karena virus yang berasal dari sampah dengan

pengelolaan yang tidak tepat. Penyakit kulit seperti kudis dan kurap.

b. Dampak terhadap Lingkungan

Limbah rumah tangga dapat mempengaruhi terhadap kualitas air, sehingga terjadi pencemaran terhadap air misalkan air bekas mandi dan air cucian. Air yang tercemar tidak dapat di gunakan lagi untuk keperluan rumah tangga, air yang sudah tercemar dan kemudian tidak dapat di gunakan lagi sebagai penunjang kehidupan manusia, akan menimbulkan dampak sosial yang sangat luas dan akan memakan waktu lama untuk memulihkannya, padahal air yang di butuhkan untuk keperluan rumah tangga sangat banyak(Hasibuan, 2016).

4. Parameter Pemeriksaan Limbah Cair Domestik

a. pH

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 (Sulistia & Septisya, 2020)

b. BOD

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) hampir 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 & Septisya, 2020)

c. COD

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 (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 & Septisya, 2020)

d. TSS

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 & Septisya, 2020)

e. Amoniak

Nitrogen dalam air pada umumnya terdapat dalam bentuk organik dan oleh bakteri berubah menjadi nitrogen amonia. Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan 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 & Septisya, 2020).

f. Minyak Lemak

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(Sulistia & Septisya, 2020)

g. Coliform

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(Sulistia & Septisya, 2020)

B. Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

a. Sistem Sanitasi Setempat

Sistem setempat 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. Sistem ini biasanya digunakan dalam skala kecil/keluarga.

Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah:

- a. Biaya pembuatan murah.
- b. Teknologi dan pembangunannya sederhana.
- c. Sistem yang terpisah bagi tiap-tiap rumah dapat menjaga privasi yang aman dan bebas.
- d. Operasi dan pemeliharaannya mudah dan umumnya tanggung jawab pribadi masing-masing, kecuali yang tidak terpisah atau dalam kelompok.

Kerugian dari penggunaan sistem ini adalah:

- a. Tidak cocok bagi daerah dengan kepadatan penduduk sangat tinggi sehingga lahan yang tersedia sangat sempit dan muka air tanah tinggi, kecuali jika saja resap tanah yang rendah.
- b. Sukar mengontrol operasi dan pemeliharaannya (terutama untuk sistem tangki septik).
- c. Mencemari air tanah (sumur dangkal) bila pemeliharaannya tidak dilakukan dengan baik.

b. Sistem Terpusat (off-site system)

Sistem terpusat adalah sistem pembuangan air buangan domestik (mandi, cuci, dapur, dan kakus) yang disalurkan keluar dari

lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan yang selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan air penerima.

Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah:

- a. Memberikan pelayanan yang lebih nyaman.
- b. Menampung semua air limbah domestik.
- c. Cocok untuk daerah perkotaan dengan kepadatan tinggi sampai menengah.
- d. Masa terpakainya lama.

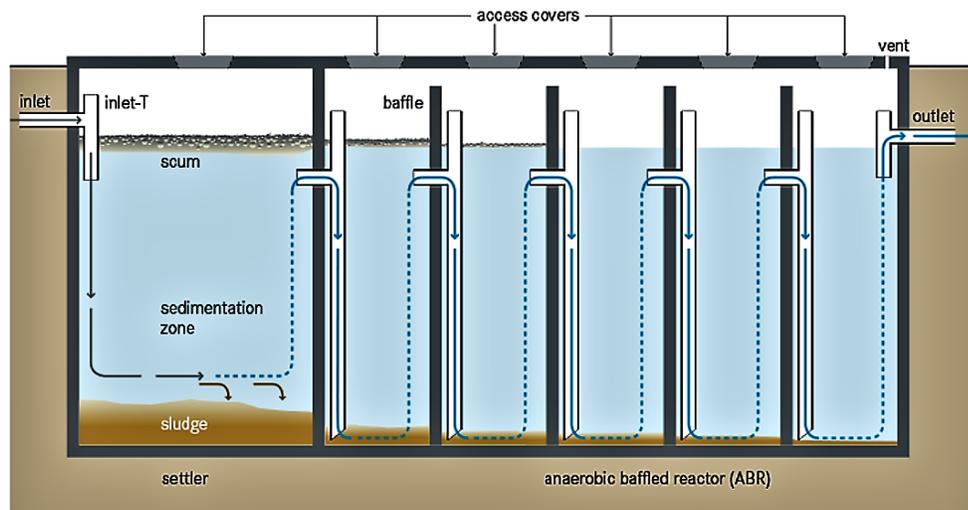
Kerugian dari penggunaan sistem ini adalah :

- a. Biaya pembangunan tinggi.
- b. Memerlukan tenaga-tenaga terampil dan atau terdidik untuk menangani operasi dan pemeliharaan.
- c. Keuntungan hanya bisa dicapai sepenuhnya setelah selesai seluruhnya dan digunakan oleh seluruh penduduk didaerah tersebut.
- d. Sistem yang besar memerlukan perencanaan dan pelaksanaan jangka panjang(Farizal, B., dan Diyanti, 2021).

C. Sistem dan Teknologi Pengolahan IPAL Komunal

1. Sistem Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Sistem Anaerobic Baffled Reactor merupakan sistem pengolahan air limbah tersuspensi anaerobik dan memiliki kompartemen-kompartemen yang dibatasi oleh sekat vertikal. Pada umumnya penerapan sistem ABR digunakan untuk air limbah dengan beban organik rendah atau pengolahan awal air limbah. Serangkaian sekat vertikal didalam ABR dapat mengkondisikan air limbah mengalir naik turun dari inlet menuju outlet, sehingga terjadi kontak antara limbah cair dengan biomassa aktif. Ruang atau kompartemen dengan aliran turun lebih sempit dari ruang aliran naik sehingga kecepatan upflow dalam ruang lebih rendah dari kecepatan rata-rata melalui reaktor.



Gambar 2.1 Anaerobik Baffled Reaktor

Profil konsentrasi senyawa organik bervariasi sepanjang ABR, hal ini dikarenakan adanya peningkatan waktu kontak air limbah. Bakteri di dalam bioreaktor mengapung dan mengendap sesuai karakteristik aliran dan gas yang dihasilkan, tetapi bergerak secara horizontal ke ujung reaktor secara perlahan, sehingga konfigurasi tersebut mampu menunjukkan tingkat penyisihan chemical oxygen demand (COD) yang tinggi. Selain itu, pada kompartemen dengan aliran naik (upflow chamber) dapat meningkatkan proses penguraian dan penyisihan bahan organik hingga mencapai 90%.

ABR termasuk sistem anaerobik sludge blanket process yang dipasang seri namun tidak membutuhkan butiran/granular di dalam pengoperasiannya. ABR dioperasikan pada waktu detensi 6 – 24 jam, konsentrasi padatan volatil 4 – 20 g/L. Menurut Sasse (1998), parameter desain utama untuk ABR adalah HRT (hydraulic retention time) > 8 jam, kecepatan aliran ke atas (up flow velocity) < 2 m/jam, beban organik 3 kg COD/m³/hari, penyisihan COD 65 – 90% dan penyisihan BOD 70 – 95%. Meskipun demikian lumpur pada setiap kompartemen akan berbeda tergantung pada lingkungan spesifik dan senyawa atau zat yang terdegradasi

Sistem ABR mempunyai keunggulan, diantaranya kesederhanaan sistem, kebutuhan biaya yang rendah, waktu retensi lumpur yang panjang, waktu retensi hidraulik yang rendah, tidak

diperlukan karakteristik biomassa khusus, kemudahan di dalam pengoperasian, timbulan lumpur yang rendah, stabil terhadap shock loading, serta dapat mengolah air limbah dengan variasi karakteristik air limbah. Mikroorganisma di dalam reaktor secara perlahan meningkat dan mengendap selama karakteristik aliran dan produksi gas. Meskipun demikian laju pergerakan sepanjang reaktor rendah. Laju dorong utama di belakang reaktor desain diperkaya oleh kapasitas retensi padatan.

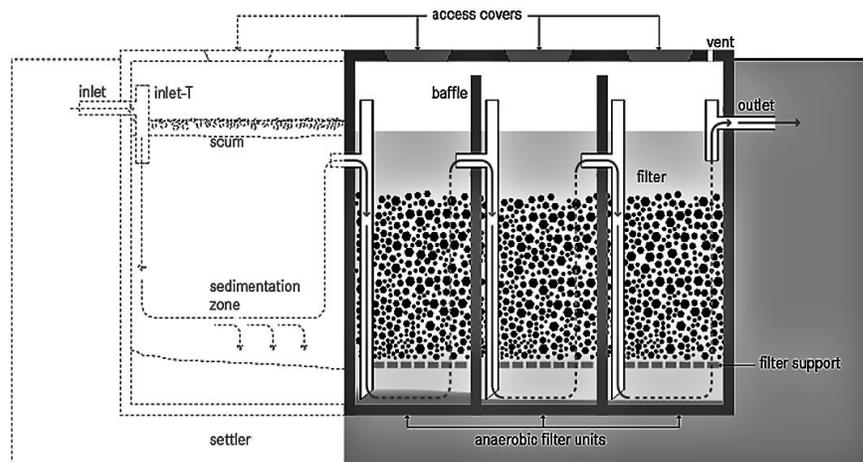
Terdapat kelemahan pada sistem anaerobik, demikian juga pada sistem ABR, diantaranya membutuhkan pasokan air yang konstan (aliran kontinu), belum ada penyisihan nutrien/patogen serta waktu aklimatisasi panjang. Secara prinsip, semua fase degradasi proses anaerobik, diproses secara simultan pada setiap kompartemen. (Hastuti et al., 2017)

2. *Sistem Anaerobic Filter (AF)*

Anaerobik adalah proses pecahnya bahan biodegradable yang dilakukan oleh mikroorganisme tanpa membutuhkan oksigen. Anaerobik filter merupakan teknologi yang memiliki tempat berkembangnya koloni bakteri membentuk film atau lendir. Film ini perlu dilakukan pencucian terhadap media secara rutin karena film lama - kelamaan akan menebal sehingga menutupi saluran aliran air limbah. Berdasarkan kebutuhan makanan bakteri yang berperan dalam

perombakan secara anaerob dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu golongan bakteri hidrolitik, acetogenik dan metanogenik (Moenir et al., 2014)

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018), nilai efektivitas pengolahan *anaerobic filter* (AF) yaitu 70%-90% sudah dikategorikan efisien dalam penyisihan pulutan IPAL Komunal. Berikut kelebihan dan kelemahan anaerobik filter (Safitri et al., 2022).



Gambar 2.2 Anaerobic Filter

Tabel 2.2

Kelebihan dan Kelemahan Anaerobic Filter

Kelebihan	Kelemahan
Tahan terhadap <i>shock loading</i>	Membutuhkan pengolahan tambahan
Tidak memakai energi listrik	Efisiensi reduksi bakteri pathogen dan nutrient rendah
Biaya perawatan dan operasional tidak begitu mahal	Membutuhkan <i>start up</i> yang lama

D. Kriteria dan Indikator Aspek Teknis dan Lingkungan IPAL Komunal

Table 2.3

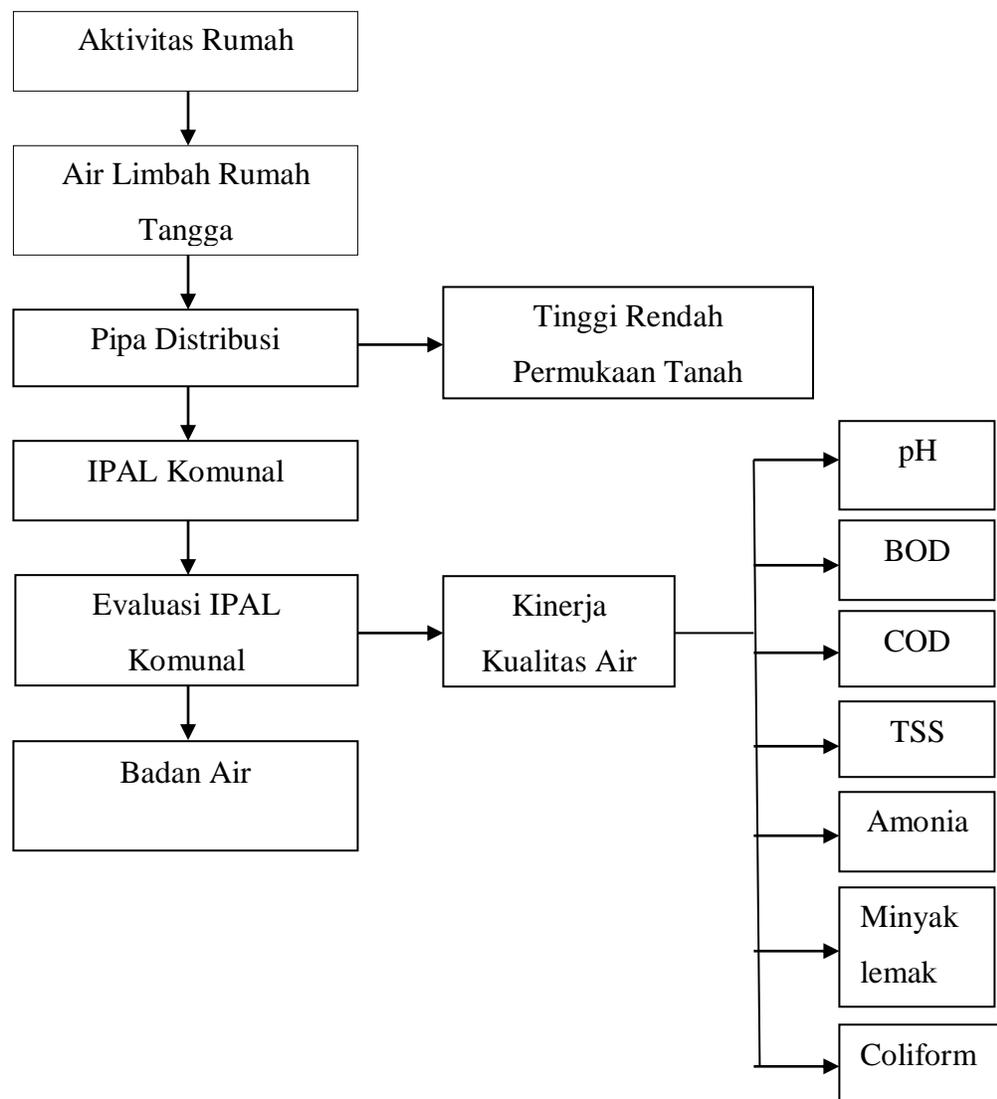
Kriteria dan Indikator Aspek Teknis dan Lingkungan(Saputri et al., 2021)

No	Kriteria	Indikator			
		1	2	3	4
Aspek Teknis					
1.	Pipa Distribusi	Tidak sesuai dengan perencanaan	Sesuai dengan perencanaan namun tidak mengalir dengan lancar	Sesuai dengan perencanaan namun sedikit mengalir	Sangat sesuai dengan perencanaan
2.	IPAL Komunal	IPAL tidak berfungsi	Alat sulit dioperasikan, komponen sering rusak	Alat mudah dioperasikan, komponen sering rusak	Alat mudah dioperasikan, komponen berfungsi dengan baik
3.	Kinerja Parameter	Kualitas parameter sangat buruk, mencemari lingkungan dan mengganggu aktivitas masyarakat	Kualitas parameter buruk dan mencemari lingkungan	Kualitas parameter ada yang memenuhi syarat dan ada yang belum memenuhi syarat	Kualitas parameter sudah memenuhi syarat
Aspek Lingkungan					
1.	Topografi Lahan	Lahan IPAL letaknya lebih tinggi dibanding lahan pengguna	Ada banyak rumah yang kemiringan lahannya tidak mendukung untuk tersambung ke jaringan IPAL	Ada beberapa rumah yang kemiringan lahannya tidak mendukung untuk tersambung ke jaringan IPA:	Kemiringan lahan sekitar 2% dengan letak IPAL lebih rendah dibanding letak pendistribusian air limbah pengguna

Tabel 2.4
Kategori Penilaian Kondisi IPAL Komunal (Saputri et al., 2021)

Interval	1	2	3	4
Nilai	1,00 – 1,74	1,75 – 2,49	2,50 – 3,24	3,25 – 4,00
Kategori	Sangat buruk	Buruk	Baik	Sangat baik

E. Kerangka Teori



Gambar 2.3 Kerangka Teori

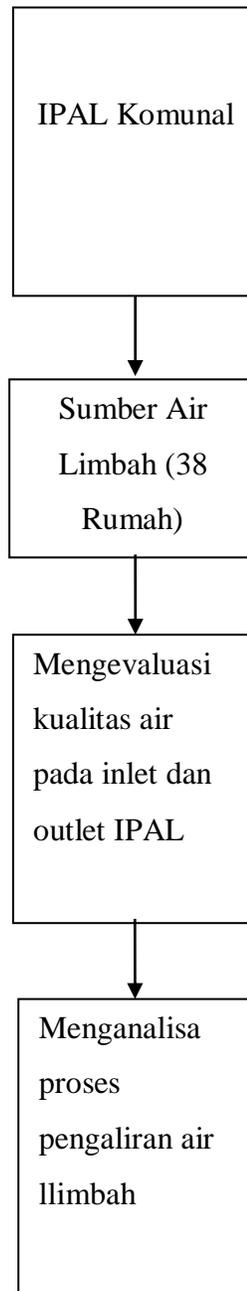
Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016
(Lingkungan et al., 2016)

SNI 6989.72:2009

SNI 6989.2:2009

SNI 06-6989.3:2004

F. Kerangka Berpikir



Gambar 2.4 Kerangka Berpikir