

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. 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 (IPAL, 2011).

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

Tujuan pengolahan air limbah adalah untuk memperbaiki kualitas air limbah, mengurangi BOD, COD dan partikel tercampur, menghilangkan bahan nutrisi dan komponen beracun, menghilangkan zat tersuspensi, indekornposisi zat organik, menghilangkan mikro organisme patogen. (Asmadi dan Suharno, 2012)

pengolahannya:

##### a. Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum dilakukan pengolahan perlu kiranya dilakukan pembersihan agar mempercepat dan memperlancar proses pengolahan serta melindungi unit unit selanjutnya. Beberapa proses pengolahan yang berlangsung pada tahap ini berupa pengambilan benda terapung dan pengambilan sampah lainnya. Pengolahan pendahuluan ini digunakan juga untuk memisahkan

padatan kasar, mengurangi ukuran padatan, memisahkan minyak atau lemak, dan proses menyetarakan fluktuasi aliran limbah pada bak penampung. Unit yang terdapat dalam pengolahan pendahuluan 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*). (Sugiharto, 2014)

Pengolahan Tahap Pertama (*Primary Treatment*) Pengolahan pertama (*primary treatment*) bertujuan untuk memisahkan padatan dari air secara fisik. Hal ini dapat dilakukan dengan melewati air limbah melalui saringan (*filter*) dan atau bak sedimentasi (*sedimentation tank*). Berfungsi untuk mengambil/menyaring padatan terapung atau melayang dalam air limbah yang berupa lumpur, sisa kain, potongan kayu, pasir, minyak dan lemak. Saringan yang digunakan dengan ukuran 15-30 cm dengan bahan yang tidak mudah berkarat. saringan ini harus setiap hari diperiksa untuk mengambil bahan yang terjaring sehingga tidak membuat kemacetan pada aliran air limbah. (Teknis *et al.* 2011). Tujuan pengolahan pertama ini adalah untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. *primary treatment* dilakukan dengan dua metode utama, yaitu pengolahan secara fisika dan pengolahan secara kimia. Pengolahan kimia yaitu mengendapkan bahan padatan dengan penambahan bahan kimia. Pengolahan secara fisika dimungkinkan bila bahan kasar yang telah diolah dengan pengendapan. Bahan kimia (koagulan) yang dipakai diantaranya: aluminium sulfat (tawas). Natrium hidroksida, soda abu, soda api, feri sulfat, feri chlorida, dan lain-lain (Asmadi dan Suharno 2021).

Pengolahan pertama menurut Sundstrom (1979), bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang bisa mengendap seperti suspended solid, zat yang mengapung seperti lemak, serta akan mengurangi 60 % *suspended*

*solid*, dan 30 % BOD. Selain itu pengolahan ini merupakan pengolahan yang bisa diterima sebagai langkah pertama sebelum air limbah masuk ke pengolahan kedua.

Pengendapan adalah kegiatan utama pada tahap ini. Dengan adanya pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan *oxygen* pada pengolahan biologis berikutnya dan pengendapan yang terjadi adalah pengendapan secara gravitasi.

a. Penyaringan (*Filtration*)

Penyaringan bertujuan untuk mengurangi padatan maupun lumpur tercampur dan partikel koloid dari air limbah dengan melewatkan air limbah melalui media yang *porous*. Hal ini perlu dilakukan sebab polutan tersebut (padatan, lumpur tercampur dan partikel koloid) dapat menyebabkan pendangkalan bagi bahan air penerima.

Selain itu juga, polutan tersebut dapat merusak peralatan pengolahan limbah yang lain seperti pompa serta dapat juga mengganggu efisiensi dari alat pengolah lainnya. (Asmadi dan Suharno, 2012)

b. Pengolahan Tahap Kedua (*Secondary Treatment*)

Pada pengolahan sekunder ini dilakukan pengolahan secara biologis yang digunakan untuk mengubah materi organik yang terdapat di dalam limbah cair menjadi flok-flok terendapkan (*floculant settleable*) sehingga dapat dihilangkan pada bak sedimentasi.

Tujuan utamanya adalah mengurangi bahan organik dan dalam banyak hal juga menghilangkan nutrisi seperti Nitrogen dan Fosfor. Proses penguraian bahan organik dilakukan oleh mikroorganisme secara aerobik atau anaerobik. *Treatment* kedua pada umumnya melibatkan proses biologi dengan tujuan untuk mengurangi atau menghilangkan bahan organik mikroorganisme yang ada di dalam air limbah. Untuk proses biologis ini banyak digunakan reaktor lumpur aktif atau "*trickling filter*". Pada proses penggunaan lumpur aktif, maka air limbah yang telah lama ditambah kan pada tangki aerasi dengan tujuan untuk

memperbanyak jumlah bakteri secara cepat agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat.

a) Proses Aerobic

Dalam proses aerobic, penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dapat terjadi dengan kehadiran oksigen sebagai *electron acceptor* dalam air limbah. Proses aerobic biasanya dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (*activated sludge*), yaitu lumpur yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir yang dominan dari proses ini bila konversi terjadi secara sempurna adalah karbon dioksida, uap air serta excess sludge. Lumpur aktif tersebut sering disebut dengan MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solids*). Terdapat dua hal penting dalam proses ini, yakni proses pertumbuhan bakteri dan proses penambahan oksigen.

b) Proses Anaerobic

Dalam proses anaerobic zat organik diuraikan tanpa kehadiran oksigen. Hasil akhir yang dominan dari proses anaerobic ialah biogas (campuran methane dan carbon dioksida), uap air serta sedikit excess sludge. Aplikasi terbesar sampai saat ini stabilisasi lumpur dari instalasi pengolahan air limbah serta pengolongan beberapa jenis air limbah industri. (Asmadi dan Suharno, 2012)

c. Pengolahan Tahap Ketiga (*tertiary Treatment*)

Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*) yang merupakan kelanjutan dari pengolahan kedua. Umumnya pengolahan ini untuk menghilangkan nutrisi/unsur hara khususnya nitrat dan fosfat. Disamping itu juga pada tahapan ini dapat dilakukan permusnahan mikroorganisme pathogen dengan penambahan Chlor pada air limbah. Pengolahan tingkat lanjutan ini ditujukan terutama untuk menghilangkan senyawa anorganik, diantaranya calcium, kalium, sulfat, nitrat, pFospor, dan lain-lain maupun senyawa kimia organik. Proses proses kimia, fisika dan biologis yang terjadi pada pengolahan tingkat lanjut ini antara lain : filtrasi, destilasi,

pengapungan, danlain-lain. Proses kimia meliputi absorpsi karbon aktif, pengendapan kimia, oksidasi dan reduksi. Sedangkan proses biologis dengan bakteri, algae nitrifikasi. (Asmadi dan Suharno, 2012)

d. Pembunuhan Kuman (*Desinfection*)

Desinfeksi bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam limbah cair. Mekanisme pembunuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi zat pembunuhnya dan mikroorganisme itu sendiri. Beberapa hal yang perlu diperhatikan Dalam memilih bahan kimia sebagai bahan desinfeksi antara lain:

- 1) Daya racun kimia tersebut
- 2) Waktu kontak yang diperlukan
- 3) Rendahnya dosis
- 4) Tidak toksik terhadap manusia dan hewan
- 5) Biaya murah untuk penggunaan massal.

Atas pertimbangan tersebut, maka penjernihan air limbah banyak memakai bahan khlorin oksida dan komponennya, bromine, dan permanganate. (Sugiharto, 2014)

e. Pengolahan Lanjut (*Ultimate Disposal*)

Dari setiap pengolahan limbah cair akan menghasilkan lumpur, sehingga dibutuhkan penanganan khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan. Tahap-tahap pengolahan lumpur agar kandungan organiknya meningkat adalah :

1) Proses pemekatan (*thickener*)

Berfungsi untuk mengurangi kadar air pada lumpur sehingga dapat mengurangi volume lumpur yang akan diolah, maka dalam hal ini proses yang terjadi merupakan pengentalan.

2) Proses penstabilan (*stabilitation*)

Proses ini berfungsi untuk menguraikan zat organik yang volatile, mereduksi volume lumpur, menguraikan zat-zat beracun yang terdapat dalam lumpur.

3) Proses pengkondisian (*conditioning*)

Tujuan dari pengkondisian adalah untuk memperbaiki karakteristik lumpur yang terbentuk.

4) Proses pengurangan air (*dewatering*)

Proses dewatering bertujuan untuk mengurangi kadar air lumpur. Proses ini juga dapat berfungsi untuk menghilangkan bau yang ada pada lumpur.

5) Proses pengeringan (*drying*)

Proses ini berfungsi untuk mengeringkan lumpur dari digester.

6) Proses pembuangan (*disposal*)

Proses ini untuk membuang lumpur. (Sugiharto, 2014)

## **B. Limbah Cair Rumah Sakit**

### **1. Pengertian Limbah Cair Rumah Sakit**

Air limbah adalah seluruh air buangan yang berasal dari proses kegiatan sarana pelayanan kesehatan yang meliputi air limbah domestik (air buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian), air limbah klinis (air limbah yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya air bekas cucian luka, cucian darah dll), air limbah laboratorium dan lainnya (Depkes, 2009).

Limbah cair rumah sakit adalah semua air buangan termasuk tinja yang berasal dari kegiatan rumah sakit yang kemungkinan mengandung mikroorganisme, bahan kimia beracun dan radioaktif berbahaya bagi kesehatan (Depkes, 2009).

Limbah layanan kesehatan mencakup semua hasil buangan yang berasal dari instalasi kesehatan, fasilitas penelitian dan laboratorium. Selain itu, limbah layanan kesehatan juga mencakup limbah yang berasal dari sumber-sumber kecil atau menyebar misalnya limbah hasil perawatan yang dilakukan di rumah.

Sekitar 75-90% limbah yang berasal dari instalasi kesehatan merupakan limbah yang tidak mengandung risiko atau limbah umum dan menyerupai

limbah rumah tangga. Limbah tersebut kebanyakan berasal dari aktivitas administratif dan keseharian instalasi, di samping limbah yang dihasilkan selama pemeliharaan bangunan instalasi tersebut. Sisanya yang 10-25% merupakan limbah yang dipandang berbahaya dan dapat menimbulkan berbagai jenis dampak kesehatan (Pruss, A., dkk, 2005).

## 2. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit

Sumber limbah cair rumah sakit adalah unit atau bangunan di rumah sakit yang dalam aktivitasnya menghasilkan limbah berbentuk cair (Depkes, 2009). Adapun sumber-sumber yang menghasilkan limbah antara lain :

- a. Unit pelayanan medis, seperti rawat inap, rawat jalan, rawat darurat, rawat intensif, haemodialisa, bedah sentral dan rawat isolasi.
- b. Unit penunjang pelayanan medis, seperti laboratorium, radiologi, farmasi, sterilisasi dan kamar jenazah.
- c. Unit penunjang pelayanan non medis, seperti logistik, cuci (*laundry*), rekam medis, fasilitas umum (masjid/mushola dan kantin), kesekretariatan/administrasi, dapur/gizi.

## 3. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit

Menurut (Pruss, A., dkk, 2005), berbagai unit di dalam rumah sakit akan menghasilkan limbah yang karakteristiknya sebagai berikut:

- a. Bangsal rawat inap: sebagian besar berupa limbah infeksius seperti pembalut, penutup luka, plaster luka, sarung tangan, peralatan medis disposable, jarum hipodermik dan perlengkapan infus bekas, cairan tubuh dan ekskreta, kemasan yang terkontaminasi dan remahan makanan.
- b. Ruang operasi dan bangsal bedah: umumnya limbah anatomi seperti jaringan tubuh, organ, janin dan bagian tubuh lainnya, limbah infeksius yang lain dan peralatan bedah tajam.
- c. Unit layanan kesehatan lain: umumnya limbah umum dengan sebagian kecil limbah infeksius.

- d. Laboratorium: umumnya limbah *patologi* (termasuk beberapa bagian tubuh) dan sangat infeksius (potongan jaringan, kultur mikrobiologis, stok agens infeksius, bangkai hewan sakit, darah dan cairan tubuh yang lain) dan benda tajam serta beberapa limbah radioaktif dan kimia.
- e. Unit farmasi dan penyimpanan bahan kimia: sejumlah kecil limbah farmasi dan bahan kimia, terutama kemasan (yang hanya mengandung residu jika ruang penyimpanan dikelola dengan baik) dan sampah umum.
- f. Unit penunjang: sampah umum saja.

#### 4. Komposisi Limbah Cair Rumah Sakit

Menurut (Pruss, A., dkk, 2005), limbah layanan kesehatan dari berbagai sumber umumnya memiliki komposisi sebagai berikut:

- a. Layanan kesehatan yang dikelola oleh perawat: sebagian besar limbah infeksius dan banyak benda tajam.
- b. Praktik dokter: banyak limbah infeksius dan sedikit benda tajam.
- c. Klinik dan dokter gigi: sebagian besar limbah infeksius dan benda tajam dan limbah yang mengandung logam berat berkadar tinggi.
- d. Asuhan kesehatan di rumah (misalnya dialisis, injeksi insulin): umumnya limbah infeksius dan benda tajam.

#### 5. Parameter Kualitas Limbah Cair Rumah Sakit

Menurut (Okun dan Ponghis, 1975), berbagai parameter kualitas limbah cair yang penting untuk diketahui adalah bahan padat tersuspensi (*suspended solids*), bahan padat terlarut (*dissolved solids*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*), kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*), organisme *coliform*, pH, oksigen terlarut (*dissolved oxygen*), kebutuhan chlor (*chlor demand*), nutrien, logam berat (*heavy metals*) dan parameter lain (Soeparman dan Suparmin, 2002).

a. Bahan Padat Tersuspensi (*Suspended Solids*)

Bahan padat tersuspensi adalah bahan padat yang dihilangkan pada penyaringan (*filtration*) melalui media standar halus dengan diameter satu mikron. Kandungan bahan padat tersuspensi penting dalam perencanaan dan pembuangan, sebab menentukan persyaratan bangunan untuk penanganan lumpur, termasuk persyaratan untuk penghilangan air (*dewatering*) dan pengeringan (*drying*) lumpur untuk pembuangan akhir (Soeparman dan Suparmin, 2002).

b. Bahan Padat Terlarut (*Dissolved Solids*)

Bahan padat terlarut adalah bahan padat yang terdapat dalam filtrat yang diperoleh setelah penghilangan bahan padat tersuspensi. Bahan padat terlarut penting terutama apabila limbah cair akan digunakan kembali setelah pengolahan (Soeparman dan Suparmin, 2002).

c. Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*)

Kebutuhan oksigen biokimia adalah ukuran kandungan bahan organik dalam limbah cair. Kebutuhan oksigen biokimia ditentukan dengan mengukur jumlah oksigen yang diserap oleh sampel limbah cair akibat adanya mikroorganisme selama satu periode waktu tertentu. BOD merupakan ukuran utama kekuatan limbah cair. BOD juga merupakan petunjuk dari pengaruh yang diperkirakan terjadi pada badan air penerima berkaitan dengan pengurangan kandungan oksigennya. (Soeparman dan Suparmin, 2002).

d. Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*)

COD juga merupakan parameter kekuatan limbah cair. COD merupakan ukuran persyaratan kebutuhan oksidasi sampel yang berada dalam kondisi tertentu, yang ditentukan dengan menggunakan suatu oksidan kimiawi. Indikator ini umumnya berguna pada limbah industri. Pada suatu sistem tertentu, terdapat hubungan antara COD dan BOD, tetapi bervariasi antara satu kota dengan kota lainnya (Soeparman dan Suparmin, 2002).

e. Organisme Chloriform

Organisme indikator ini meliputi *Coliform* yang berasal dari saluran pencernaan makanan binatang berdarah panas. Adanya organisme koliform menunjukkan kemungkinan adanya patogen, baik virus ataupun bakteri (Soeparman dan Suparmin, 2002).

f. pH

pH limbah cair adalah ukuran keasaman (*acidity*) atau kebasaan (*alkalinity*) limbah cair. pH menunjukkan perlu atau tidaknya pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mencegah terjadinya gangguan pada proses pengolahan limbah cair secara konvensional. Secara umum, dapat dikatakan bahwa pH limbah cair domestik adalah mendekati netral (Soeparman dan Suparmin, 2002).

g. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*)

DO penting dalam pengoperasian sistem saluran pembuangan maupun bangunan pengolahan limbah cair. Tujuan pengelolaan limbah cair sebelum diolah adalah memelihara kandungan oksigen yang terlarut dan cukup untuk mencegah terjadinya kondisi anaerobik (Soeparman dan Suparmin, 2002).

h. Kebutuhan Chlor (*Chlorine Demand*)

Pendesinfeksi terhadap efluen limbah cair yang diolah diperlukan angka kebutuhan chlor yang merupakan parameter kualitas yang penting. Angka tersebut merupakan fungsi dari kekuatan limbah. Semakin tinggi derajat pengolahan, semakin kecil angka kebutuhan chlor dari *efluen* tersebut (Soeparman dan Suparmin, 2002).

i. Nutrien

Limbah cair mengandung *nutrien* (misal: nitrogen dan fosfor) dalam konsentrasi yang bermakna berupa zat pembangunan bagi organisme hidup. Ketika limbah cair akan dibuang ke badan air yang relatif bersih, seperti danau atau muara sungai, nutrien itu dapat menyuburkan air sampai tingkat tertentu. Namun, jika merangsang

pertumbuhan algae secara berlebihan, air penerima dapat dirusak oleh pengayaan itu yang disebut *eutrofikasi* (Soeparman dan Suparmin, 2002).

j. Logam Berat

Bila industri membuang limbah cair ke sistem saluran limbah cair (*sewerage*), banyak logam berat yang masuk ke dalam sistem dan mengganggu proses pengolahan atau kualitas air penerima. Tembaga yang berakumulasi dalam tangki penguraian lumpur dan mengganggu proses penguraian itu (Soeparman dan Suparmin, 2002).

k. Parameter Lain

Lemak yang terlalu banyak dapat menyebabkan kesulitan besar dalam pengelolaan limbah cair. Kesulitan timbul terutama bila limbah cair itu atau lumpurnya akan digunakan kembali. Deterjen dapat juga menimbulkan masalah, terutama bila limbah cair dimasukkan ke dalam aliran yang bergelombang (*turbulent*) sehingga busa menjadi berbau (Soeparman dan Suparmin, 2002).

### C. Standar Baku Mutu Air Limbah

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pelayanan Kesehatan menyebutkan bahwa baku mutu air limbah rumah sakit adalah sebagai berikut (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia 2014).

**Tabel 2. 1**  
**Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Fasilitas**  
**Pelayanan**

Parameter	Konsentrasi paling tinggi	
	Nilai	Satuan
Fisika		
Suhu	38	<sup>0</sup> C
Zat padat terlarut	2.000	Mg/L
Zat padat tersuspensi	200	Mg/L
Kimia		
Ph	6-9	Mg/L
BOD	50	Mg/L
COD	80	Mg/L
TSS	30	Mg/L
Minyak dan lemak MBAS	10	Mg/L
Amonia Nitrogen	10	Mg/L
<b>Total coliform</b>	<b>5.000</b>	<b>(MPN/100 ml)</b>

*Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014*

**Tabel 2. 2**  
**Baku Mutu Air Limbah tentang Fasilitas Pelayanan Kesehatan**

Parameter	Konsentrasi paling tinggi	
	Nilai	Satuan
Kimia		
pH	6 – 9	mg/L
Besi, terlarut (Fe)	5	mg/L
Mangan, terlarut (Mn)	2	mg/L
Barium, (Ba)	2	mg/L
Tembaga, (Cu)	2	mg/L
Seng, (Zn)	5	mg/L
Krom valensi enam, (Cr6+)	0,1	mg/L
Krom total, (Cr)	0,5	mg/L
Kadmium, (Cd)	0,05	mg/L
Merkuri, (Hg)	0,002	mg/L
Timbal, (Pb)	0,1	mg/L
Arsen, (As)	0,1	mg/L
Selenium, (Se)	0,05	mg/L
Nikel, (Ni)	0,2	mg/L

Kobal, (Co)	0,4	mg/L
Sianida, (CN)	0,05	mg/L
Sulfida, (S=)	0,05	mg/L
Flourida, (F-)	2	mg/L
Kaporit bebas, (Cl <sub>2</sub> )	1	mg/L
Amoniak bebas, (NH <sub>3</sub> -N)	1	mg/L
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	20	mg/L
Nitrit (NO <sub>2</sub> -N)	1	mg/L
Senyawa aktif biru metilen, (MBAS)	5	mg/L
Fenol	0,5	mg/L
AOX	0,5	mg/L
PCBs	0,005	mg/L
PCDFs	10	mg/L
PCDDs	10	Mg/L

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

**Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 129/Menkes/SK/II/2008**

No	Jenis Pelayanan	Indikator	Standar
1.	Pengelolaan limbah	Baku mutu limbah cair	BOD <30 mg/L COD < 80 mg/L TSS <30 mg/L pH 6-9
		Pengelolaan limbah padat infeksius sesuai dengan aturan	100%

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 129/Menkes/SK/II/2008

#### D. Desinfeksi Chlor

Agar konsentrasi pathogen sebanding dengan konsentrasi yang di temukan dalam air di alam, effluent tersier harus menjalani desinfeksi chlor sampai mencapai kadar yang ditetapkan. Desinfeksi tersebut dapat di lakukan dengan menggunakan *chlor dioksida* (paling efesien), *natrium hipochlorit*, atau gas chlor. pilihan lain nya adalah dengan melakukan desinfeksi sinar ultraviolet.

Tahapan dalam Pengelolaan Air Limbah Rumah Sakit sebagai berikut :

1. Pengumpulan meliputi: Sumber, bak kontrol, sistem perpipaan menuju instalasi pengolahan.
2. Pengolahan : Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sesuai kebutuhan rumah sakit
3. Pembuangan : Pembuangan air limbah dari efluen ipal ke seluruh air limbah umum atau ke badan air.

Menurut Dit. Jen. PPM & PLP, Depkes, Prinsip Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit adalah:

1. Saluran pembuangan air limbah harus menggunakan sistem saluran tertutup, kedapan air dan limbah harus mengalir dengan lancar.
2. Rumah sakit harus memiliki unit pengolahan limbah sendiri atau bersama-sama secara kolektif dengan bangunan di sekitar yang memenuhi persyaratan teknis, apabila belum ada atau tidak terjangkau sistem pengelolaan air limbah perkotaan.
3. Kualitas limbah (*effluent*) rumah sakit yang akan dibuang ke lingkungan harus memenuhi persyaratan baku mutu *effluent* sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.
4. Tinjauan umum pengolahan air limbah rumah sakit

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk sisa chlor kadar maksimum yang di perbolehkan adalah 1mg/l.

#### 5. Standar Bak Khlorinasi

Fungsi bak khlorinasi untuk mengontakkan senyawa disinfektan dengan air limbah untuk membunuh mikroorganisma patogen di dalam air limbah. Senyawa disinfektan yang sering digunakan adalah senyawa khlorin misalnya kalsium *hipokhlorit* atau natrium *hipokhlorit*. Waktu kontak atau waktu tinggal di dalam bak khlorinasi berkisar antara 10-15 menit. (IPAL, 2011). Kebutuhan khlor yang akan digunakan dapat dihitung dengan rumus :  $\text{Kebutuhan Khlor} = Q_{inlet} \times \text{Dosis Khlor yang diharapkan} \times 1\% \text{ kadar Khlor}$  (IPAL 2021).

#### 6. Sisa chlor

Residu Kaporit disebut juga dengan Kaporit bebas atau aktif, dapat diartikan jumlah Kaporit yang tersedia sebagai desinfektan setelah waktu kontak tertentu. Kaporit ini dapat bekerja secara efektif sebagai desinfektan dengan pH 7. Proses penambahan Kaporit dikenal dengan khlorinasi air (Ilmu Kesehatan UMM, 2017)

### E. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan metode untuk membunuh bakteri yang tidak dikehendaki yang ada di dalam pengolahan air limbah, seperti bakteri patogen sebagai penyebab berbagai penyakit. Berbeda dengan sterilisasi yang berarti membunuh semua mikroorganisma hidup. Sasaran sterilisasi adalah untuk riset, penggunaan dalam bidang kedokteran dan farmasi. Air limbah tidak memerlukan sterilisasi (Ali, 2010).

Desinfeksi sendiri dapat diartikan sebagai inaktivasi (membunuh) mikroorganisma patogen yang terdapat dalam air limbah. Semula proses ini bertujuan untuk membunuh mikroorganisma penyebab penyakit (patogen), baik dari instalasi pengolahan atau yang masuk melalui jaringan distribusi. Mikroorganisma – mikroorganisma tersebut dapat berupa virus (penyebab poliomyelitis), bakteri (penyebab kolera, disentri, demam tifoid dan sebagainya), dan mikroorganisma lain.

Dalam perkembangan selanjutnya tujuan proses desinfeksi berkembang untuk oksidasi materi organik dan anorganik (Fe, Mn), destruksi bau dan rasa, kontrol terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Dari tujuan desinfeksi tersebut, maka terdapat beberapa macam desinfeksi yang dapat diterapkan untuk pengamanan dalam air antara lain : secara fisik yaitu dengan pemanasan (pendidihan), irradiasi dengan ultraviolet, ion logam dengan menggunakan  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Ag}^{2+}$ , alkali dan asam, dan dengan bahan kimia pengoksidasi yaitu bromine, Kaporite, iodine dan ozon.

Hal yang perlu diperhatikan dalam konteks desinfeksi adalah bagaimana mencegah terjadinya pemindahan bibit penyakit ke tubuh manusia melalui air limbah dengan memutus rantai antara keduanya dengan desinfeksi. Ada 3 kategori mikroorganisme patogen di usus manusia, yaitu bakteri, virus dan kista amoeba.

Untuk pertimbangan praktis, desinfeksi harus memenuhi persyaratan seperti : dapat membunuh berbagai jenis dan semua populasi patogen yang ada didalam air limbah dalam waktu dan suhu tertentu, desinfektan tidak bersifat racun terhadap manusia / binatang atau ditolak eksistensinya karena rasa / baunya, biaya pengadaannya murah, metode penyimpanan dan pemberiannya mudah / aman, kadarnya dalam air mudah dianalisa dan diketahui, dan masih menyisakan sejumlah kadar tertentu sebelum dianalisa. (Hadi, 2000).

Kemampuan desinfeksi dipengaruhi beberapa faktor yaitu konsentrasi desinfektan, waktu kontak, jenis dan jumlah mikroorganisme dan temperatur. Semakin besar konsentrasi desinfektan semakin besar pula laju desinfeksinya, sedangkan jenis desinfektan akan menentukan nilai koefisien pemusnahan spesifik.

#### 1. Waktu Kontak

Waktu kontak adalah waktu yang diperlukan desinfektan untuk membunuh mikroorganisme.

#### 2. Debit air

Debit air mempengaruhi takaran dalam proses desinfektan untuk menentukan

takaran dalam pemberian Kaporit.

### 3. Mikroorganisme

Jenis dan konsentrasi mempengaruhi kemampuan desinfeksi. Setiap jenis mikroorganisme misalnya : bakteri, virus, parasit, mempunyai kepekaan yang berbeda terhadap desinfektan. Jumlah mikroorganisme yang besar, terutama yang patogen akan memerlukan dosis desinfektan yang besar pula.

### 4. Temperatur

Temperatur mempengaruhi aksi desinfeksi karena meningkatnya temperatur akan mempercepat kematian mikroorganisme (Yusuf, 2005).

## F. Kaporit



**Gambar 2. 1 Kaporit**

Terdapat beberapa macam bentuk senyawa chlor yang biasa digunakan dalam pengolahan air minum. Senyawa – senyawa tersebut berada dalam ikatan dengan garamnya yang berbentuk padat pada kondisi udara luar. Meski berbentuk padat, garam – garam ini mudah terurai atau mengalami penurunan kadar pada kondisi udara luar, sehingga harus dilakukan penyimpanan pada udara yang dingin dan kering. Chlor sebagai desinfektan dapat diperoleh dari beberapa jenis persenyawaan, antara lain : Kaporite cair (*liquid chlorine*), senyawa *hipochlorite*, *chloride of lime* ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) dan *chlorine dioksida* ( $\text{ClO}_2$ ).

### 1. Kaporite Cair ( *Liquid Chlorine* )

Kaporite cair adalah gas chlor yang dikondisikan pada tekanan dan temperatur tertentu sehingga berbentuk cair. Besar tekanan yang dibutuhkan kurang lebih 2,66 atmosfer pada tekanan 0° C, sedang pada temperatur 100° C tekanan yang dibutuhkan sebesar 41 atmosfer. Untuk menjaga tekanan yang besar tersebut, cairan Kaporite disimpan dalam tabung yang terbuat dari baja / besi. Pada kondisi udara luar cairan chlor ini berbentuk gas sehingga untuk pelaksanaan injeksi tabung penampung tersebut cukup dihubungkan dengan pipa dan dilakukan pengaturan debit dan tekanannya. Gas chlor pada udara kering tidak korosif tetapi pada kondisi udara lembab gas ini sangat korosif. Kelarutan gas chlor dalam air sangat tergantung dari temperatur, pH kandungan garam terlarut, yang menghasilkan 100 % chlor tersedia bebas(Mursid, 1991).

### 2. Senyawa *Hypochlorite*

*Hypochlorite* merupakan bentuk senyawa chlor dengan potensial oksidasi yang tinggi yang hampir sama dengan potensial oksidasi gas chlor. *Hypochlorite* dapat dihasilkan dari hidrolisa garam – garam chlorida dimana penyebarannya tergantung dari pH dan temperatur air. Menurut Mursid, 1991 senyawa *hypochlorite* antara lain :

#### a. *Sodium Hypochlorite* (NaOCl)

*Sodium Hypochlorite* (NaOCl) berbentuk garam dengan kandungan chlor. tersedia sebesar 5 – 15 %. Pemilihan kekuatan larutan dan lokasi tempat penyimpanan. dapat dipengaruhi oleh sifat membeku, dimana titik beku minimum kira – kira - 20° F terjadi untuk konsentrasi 18 %. Pembekuan terjadi kira – kira pada 10° F dan 22° F berturut – turut dalam dan 5 % larutan. Kandungan ini akan mengalami degradasi selama penyimpanan sehingga pengontrolan larutan harus dilakukan. *Sodium hypochlorite* (NaOCl) tidak ekonomis bila dibandingkan dengan gas chlor, karena dengan kadar chlor tersedia yang rendah maka bahan yang dibutuhkan dalam pembubuhan

akan jauh lebih banyak. Sodium hipochlorite mempunyai tingkat korosifitas yang tinggi, tidak stabil, membutuhkan tempat penyimpanan dengan temperatur di bawah 85° C dan pada kondisi asam dapat melepaskan gas chlor ke udara. Senyawa ini banyak digunakan untuk instalasi kecil. Dalam air sodium hipochlorite akan terhidrolisa menurut reaksi sebagai berikut:



Dengan naiknya nilai pH keberadaan HOCl akan menurun sedang konsentrasi  $\text{OCl}^-$  semakin meningkat.

b. *Calcium Hypochlorite* ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ )

Lebih sering dikenal dengan nama kaporit, merupakan padatan bubuk berwarna putih *non higroskopik*, *korosif*, menimbulkan bau chlor dan mengandung chlor tersedia sebesar 60-70%. Senyawa ini lebih sering dipergunakan dari pada  $\text{CaOCl}_2$  (*chlorite of lime*), karena sifatnya yang lebih stabil dan lebih melarut dalam air. Untuk menjaga kestabilan dalam air sering ditambahkan soda abu ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) yang akan membentuk NaOCl dan  $\text{CaCO}_3$  sebagai endapan. Cara pemakaiannya secara umum adalah dengan dilarutkan dalam tangki pelarut secara batch didekat titik aplikasi kemudian cairannya dialirkan ke titik aplikasi. Sedangkan endapan yang dihasilkan ditahan dalam tangki. Bahan yang dibutuhkan dengan menggunakan senyawa ini lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan gas chlor.

c. *Chloride Of Lime* ( $\text{CaOCl}_2$ )

Kapur chlorida (chloride of lime) disebut juga kelantang berbentuk padat dengan kandungan chlor tersedia sebesar 25 – 37 %. Senyawa ini tidak stabil dan mudah terdegradasi sehingga harus disimpan dalam drum dan ditempatkan pada udara dingin dan kering. Kapur chlorida mengandung kapur yang tidak larut dalam air dan mengandung *suspended solid* yang menyebabkan kekeruhan. Dalam penerapan harus

dilarutkan dahulu pada tangki penjenuh, sehingga kapur yang ada diendapkan dan larutan chlor dipisahkan untuk diinjeksikan. Kaporit akan bereaksi sama seperti Cl<sub>2</sub> yang dilarutkan dalam air, yaitu seperti reaksi di bawah ini :  $\text{Ca (OCl)}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{HOCl} + \text{Ca (OH)}_2$

d. *Chlorine Dioksida (ClO<sub>2</sub>)*

*Chlorine dioksida* jarang digunakan untuk desinfeksi. Chlor dioksida berupa gas berwarna hijau kekuningan pada suhu kamar. Senyawa ini cepat terdegradasi oleh sinar ultraviolet dan sensitive terhadap temperatur dan tekanan, serta mudah meledak. Senyawa ini mempunyai potensial oksidasi yang hampir sama dengan asam hipochlorite. Oleh karena itu senyawa ini disiapkan pada tempat dan waktu yang digunakan (on site), sehingga membutuhkan pembangkit dalam penggunaannya. Chlor dioksida bisa dihasilkan dari campuran gas chlor dengan sodium hipochlorite. Chlorine dioksida dalam air tidak stabil dan mudah mengalami perubahan bentuk dan potensial oksidasi pada perubahan pH atau oleh kehadiran amonia. Chlorine dioksida dalam air dapat dikontrol dengan memberikan sodium chlorine oksida menurut reaksi sebagai berikut:  $2 \text{Na Cl O}_2 + \text{Cl}_2 \text{ -----} \rightarrow 2 \text{Cl O}_2 + 2 \text{NaCl}$

Untuk waktu kontak yang pendek, ClO<sub>2</sub> lebih menarik untuk digunakan, hanya bila karakteristik air banyak mengandung senyawa pengotor. Penggunaan materi ini menjadi tidak efektif. Dari bahan – bahan desinfeksi tersebut dapat disimpulkan seperti tabel berikut :

**Tabel 2. 4 Jenis dan Sifat Bahan Desinfeksi**

No	Jenis Desinfektan	Rumus Kimia	%Chlor	Bentuk	Kandungan SS
1.	Liquid chlorine	CL <sub>2</sub>	100	Gas	Tidak ada
2.	Sodium	NaOCL	3-15	Padat	Tidak ada
3.	Hypochlorite	Ca(OCL) <sub>2</sub>	65-70	Padat	Ada
4.	Calcium	CaOCL <sub>2</sub>	25-37	Padat	Ada
5.	Hypochlorite Chloride of lime	CLO <sub>2</sub>	263	Bubuk	Tidak ada
	Chlorine dioksida				

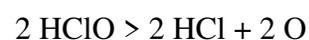
*Sumber : R. Mursid, 1991*

e. Calcium Hypochlorite (Ca (OCl)<sub>2</sub>)

Calcium Hypochlorite Ca (OCl)<sub>2</sub> umum disebut pula kaporit. Setelah terjadi wabah kolera di Hamburg, orang barat mulai mendesinfektir air minum dan desinfektan yang dipakai adalah Calcium Hypochlorite. Jadi kaporit adalah desinfektan yang tertua. Di Indonesia untuk mendesinfektir air minum banyak digunakan kaporit sebagai desinfektan, terutama oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Perusahaan garam dan soda negara (PGSN) sudah dapat memproduksi kaporit dan produksinya sudah dapat memenuhi kebutuhan nasional sehingga tidak perlu mengimport kaporit lagi. Dengan demikian harga menjadi semakin murah. Selain dari itu kaporit juga lebih stabil dan dapat disimpan lebih lama dari serbuk penglantang. (Hadi, 1980). Bahwa rumus kimia dari kaporit adalah Ca (OCl)<sub>2</sub>. Bila dilarutkan kedalam air maka reaksi kimianya berlangsung bertahap sebagai berikut :



(As. Hypochlorite) (Calcium Hidroksida)



(As. Chlorida) (Atom Zat Asam)

Bila dijumlahkan kedua reaksi kimia diatas akan menjadi :  $\text{Ca(OCl)}_2 + 2\text{H}_2\text{O} > \text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} + 2\text{O}$

Jadi bila kaporit dilarutkan ke dalam air maka akan menghasilkan atom – atom zat asam. Atom – atom zat asam inilah yang sebenarnya aktif membunuh bakteri – bakteri, karena bakteri – bakteri dioksidir (bakar). Bakteri – bakteri juga mempunyai enzyrna dan oleh atom – atom zat asam enzyrna dioksidir sehingga bukan saja enzyrna tapi seluruh sel bakteri rusak. Karena rusak bakteri – bakteri pun mati. ( Hadi, 1980 ). Dosis maksimum calcium hypochlorite adalah 3 mg / liter air. Apabila lebih dari 3 mg / liter air dapat menimbulkan gangguan pada pernafasan manusia. (A.M.D, 1986). Kelebihan kaporit bila dibandingkan dengan chlor yang lain adalah :

- 1) Menurut Austin 1984, keunggulan kaporit terutama ialah karena zat ini tidak terdekomposisi sebagaimana serbuk pemutih pada waktu terletak. Zat ini juga ada dua kali lebih kuat dari serbuk pemutih yang biasa dan tidak bersifat higroskopik.
- 2) Menurut Hadi, 1980, kaporit lebih stabil dan dapat disimpan lebih lama dari pada serbuk penglantang. Keuntungan lain ialah membuat larutan kaporit untuk dipergunakan sebagai zat desinfektan termasuk pekerjaan mudah. Namun harus hati – hati terhadap kaporit (juga desinfektan lain yang mengandung chlor), karena chlor sangat bersifat korosif terhadap sebagian besar logam – logam, mudah bergabung hampir dengan semua unsure – unsure dan merupakan oksidator yang kuat, sehingga hampir semua barang – barang “ dirusak “ oleh chlor kecuali barang – barang yang terbuat dari bahan – bahan gelas, plastik dan ebonite, maka wadah untuk menyimpan kaporit harus dibuat dari bahan ini. Kaporit berupa bubuk dan bersifat higroskopis, karena itu menyimpan kaporit harus ditutup rapat.
- 3) Menurut Mursid, 1991, kaporit lebih sering dipergunakan dari pada  $\text{CaOCl}_2$  (Chloride of Lime), karena sifatnya yang lebih stabil dan lebih

melarut dalam air. Dari sini maka persatuan Negara melakukan penelitian dan menghasilkan kesimpulan bahwa bahwa penambahan desinfektan harus melalui perhitungan.

Cara penyimpanan dan penanganan kalsium *hipochlorit* (Kaporit) adalah sebagai berikut:

- 1) Kaporit harus disimpan dalam kondisi kering dan suhu dibawah 150°C.
- 2) Semua zat yang mudah terbakar tidak boleh disimpan dekat dengan
- 3) kaporit.
- 4) Tabung / container bubuk kaporit selalu tertutup dan tidak jatuh pada
- 5) saat mempersiapkan dosis larutan.

#### 1. Toksin pada gas dan cairan Kaporit

Kaporit, baik berbentuk gas atau cairan dinilai mengandung racun yang tinggi, dan diklasifikasikan sebagai bahan kimia yang mampu mengakibatkan kematian atau cacat *permanent* (tetap) dari penggunaan yang normal (setiap hari pada industri) sekalipun. EPA (*Environmental Protection Agency*) di A.S (*Agency* Proteksi Lingkungan Hidup Amerika) menyatakan bahwa Kaporit masuk kelompok kimia yang punya potensi untuk mengakibatkan kematian pada penduduk yang tak memiliki alat perlindungan (*unprotected populations*) sesudah terjadi kebocoran dalam waktu relatif singkat (*Citizen Environmental Coalition*). Pendapat yang hampir sama Kaporit adalah salah satu kimia yang menjadikan manusia tidak punya kemampuan apapun karena beracun (Sax, 1984). Kaporit merupakan bahan kimia yang terklasifikasi sebagai *Extremely Hazardous Substances* (EHS), atau bahan yang berbahaya sekali, yang mengandung amonia, hydrogen fluorida dan hydrogen chlorida. Campuran gas atau cairan Kaporit dengan air, baik air hujan maupun udara lembab akan memproduksi asam *hydrochlorik* dan *hypochlorous* yang berbahaya kepada manusia, ternak, dan vegetasi.

## 2. Bahaya Kaporit Terhadap Manusia

Seperti yang dimaksud di atas Kaporit sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Kaporit, baik dalam bentuk gas maupun cair mampu mengakibatkan luka yang permanen, terutama kematian. Pada umumnya luka permanen terjadi disebabkan oleh asap gas Kaporit. Kaporit sangat potensial untuk terjadinya penyakit di kerongkongan, hidung dan *trakt respiratory* (saluran kerongkongan didekat paru-paru).

### a. Akibat-akibat akut untuk jangka pendek :

- 1) Pengaruh 250 ppm (part per million) selama 30 menit kemungkinan besar berakibat fatal bagi orang dewasa.
- 2) Terjadi iritasi tinggi waktu gas itu dihirup dan dapat menyebabkan kulit dan mata terbakar.
- 3) Jika berpadu dengan udara lembab, asam *hydrochlorik* dan *hypochlorus* dapat mengakibatkan peradangan jaringan tubuh yang terkena. Pengaruh 14 s/d 21 ppm selama 30 s/d 60 menit menyebabkan penyakit pada paru- paru seperti penumonitis, sesak nafas, *emphisema* dan bronkitis.

### b. Akibat-akibat yang kronis/sublethal untuk jangka panjang :

- 1) Untuk jangka panjang dari pengaruh gas Kaporite, ada kemungkinan menjadi tua sebelum waktunya, menimbulkan masalah dengan cabang tenggorok, pengkaratan pada gigi dan besar kecenderungan munculnya penyakit paru-paru seperti *Tuberkulosis* dan *emphisema*.

### c. Bahaya Kaporit bagi kesehatan

Kaporit sangat mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Meski memiliki manfaat yang penting, paparan Kaporit bias menimbulkan beberapa masalah kesehatan. Ada beberapa risiko gangguan kesehatan yang timbul akibat paparan Kaporit, di antaranya:

### 1) Iritasi kulit

Risiko terjadinya iritasi kulit akibat Kaporit akan meningkat jika anda terpapar Kaporit dengan jumlah besar, misalnya saat berenang di kolam renang dengan menggunakan Kaporit dengan kadar tinggi. Reaksi alergi yang mungkin muncul adalah gatal dan kemerahan. Terkadang, paparan Kaporit juga bisa menyebabkan kulit bersisik dan muncul ruam. Hal ini dikarenakan Kaporit mampu mengikis minyak alami pada kulit. Inilah alasan mengapa kulit terasa kering dan seperti tertarik setelah berenang. Kaporit terkadang bisa menimbulkan iritasi, terutama saat Kaporit bercampur dengan keringat, sel kulit mati, dan urine. Hal ini disebabkan oleh komponen dalam Kaporit yang bernama chloramina. Keberadaan chloramina bisa dikenali dari bau air kolam yang menyengat.

### 2) Iritasi mata

Paparan Kaporit bisa menyebabkan mata gatal dan kemerahan, pandangan kabur, serta sensasi perih pada mata. Oleh karena itu, segera bilas dengan air bersih saat mata terpapar Kaporit. Anda juga dianjurkan untuk menggunakan kacamata renang saat berenang di kolam renang yang mengandung Kaporit.

### 3) Gangguan pernafasan

Paparan gas yang mengandung Kaporit dalam jumlah banyak bisa menyebabkan iritasi dan gangguan pernafasan. Kondisi ini dapat memicu terjadinya gejala sesak napas, hidung berair, nyeri dada, batuk, dan mengi. Paparan gas Kaporit juga bisa memicu kambuhnya gejala pada penderita asma. Paparan Kaporit dalam jumlah besar akan bereaksi dengan lapisan mukosa di dalam tubuh dan membentuk asam chlorida dan asam hipochlorit. Kedua zat ini merupakan zat beracun bagi tubuh manusia. Keracunan Kaporit umumnya ditandai dengan gejala sensasi perih pada mulut, bengkak dan nyeri tenggorokan, sakit perut, muntah, serta Buang Air Besar berdarah. Selain itu, keracunan

Kaporit juga ditandai dengan perubahan pH dalam darah dan penurunan tekanan darah secara drastis. Namun, Kaporit tidak akan menyebabkan efek kesehatan yang berbahaya bila kandungannya sangat kecil, seperti dalam air minum. Sebuah studi menunjukkan, penambahan Kaporit dengan kadar rendah dalam air minum, justru memberikan perlindungan terhadap bakteri penyebab penyakit yang dapat ditularkan melalui air.

Indikasi gangguan bila terkontaminasi Kaporit

- 1) 0,2 ppm: hidung terasa gatal
- 2) 1,0 ppm: krongkongan gatal atau rasa kering, batuk, susah nafas
- 3) 1,3 ppm (untuk 30 menit): sesak nafas berat dan kepala sangat pening
- 4) 5 ppm: peradangan hidung, pengkaratan gigi dan sesak nafas.
- 5) 10,0 ppm: trakt respiratori menjadi sangat diganggu
- 6) 15-20 ppm: batuk lebih keras, terasa tercekik, sesak di dada
- 7) 30 ppm: berbahaya untuk kehidupan selanjutnya atau untuk sehat seperti batuk hebat, tercekik, sesak nafas dan muntah-muntah.
- 8) 250 ppm: kemungkinan besar fatal (orang mati),
- 9) 1000 ppm: pasti mati.

## **G. Mikrobiologi Air**

### 1. Bakteri *Coliform*

#### a. Pengertian Bakteri *Coliform*

Bakteri *Coliform* merupakan suatu grup bakteri yang digunakan sebagai indikator pencemaran terhadap air. Adanya bakteri *coliform* di dalam air menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme yang bersifat enteropatogenik (bakteri penyebab diare) atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan.

Bakteri *Coliform* adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri *Coliform* merupakan bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik dan masuk dalam

golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator, di mana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Bakteri *Coliform* ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh. Bakteri koliform dapat digunakan sebagai indikator karena berbanding lurus dengan pencemaran air, makin sedikit kandungan koliform artinya kualitas air semakin baik. Selain itu, bakteri ini juga memiliki daya tahan yang lebih tinggi dari pada bakteri patogen serta lebih mudah diisolasi dan ditumbuhkan (Wardhany, 2015).

b. Karakteristik Bakteri *Coliform*

Golongan bakteri *Coliform* merupakan indikator alami baik di dalam air yang tampak jernih maupun air kotor, yang memiliki karakteristik sebagai berikut: berbentuk batang, gram negatif, tidak membentuk spora, pada temperatur 37<sup>0</sup>C dapat memfermentasikan laktosa dengan membentuk asam dan dalam 48 jam dapat membentuk gas (Sekaran et al. 2018).

c. Klasifikasi Bakteri *Coliform*

Bakteri *Coliform* dalam air minum diklasifikasikan menjadi tiga golongan, yaitu :

- 1) *Coliform* total yaitu termasuk bakteri yang ditemukan dalam tanah, air yang telah dipengaruhi oleh permukaan air, dan limbah manusia atau hewan.
- 2) Fecal *Coliform* adalah kelompok dari *Coliform* total tetapi lebih spesifik hanya untuk bakteri yang juga dapat hidup dalam saluran cerna atau tinja manusia ataupun hewan berdarah panas. Karena asal usul dari fecal coliform lebih spesifik maka fecal coliform dianggap sebagai indikasi yang lebih akurat untuk menentukan

kontaminasi air oleh tinja manusia atau hewan berdarah panas daripada total coliform.

- 3) *Escherichia coli* adalah spesies yang utama dalam kelompok fecal coliform, dari lima kelompok umum bakteri coliform, hanya *E.coli* yang umumnya tidak bereproduksi dan tumbuh di lingkungan. Akibatnya, *E.coli* dianggap sebagai spesies bakteri *Coliform* untuk indikator terbaik dari pencemaran tinja dan kemungkinan disertai adanya bakteri yang patogen (Fitri, 2015).

## H. Analisis Mikrobiologi Air

Analisis yang sering dilakukan untuk pemeriksaan bakteriologi pada air adalah sebagai berikut:

### 1. *Total Count*

Yang dimaksud dengan *Total Count* yaitu kalau perhitungan jumlah tidak berdasarkan pada jenis, tetapi secara kasar terhadap golongan atau kelompok besar mikro organisme umum seperti bakteri, fungi, mikro algae ataupun terhadap kelompok bakteri tertentu. Penghitungan koloni hanya memberikan gambaran perkiraan secara umum terhadap derajat pencemaran yang terjadi. Bila penghitungan koloni dilakukan hanya satu kali tidak akan memberikan arti, tetapi bila dilakukan beberapa kali dari sumber yang sama dalam beberapa interpal waktu hasilnya dapat dijadikan indikasi dini terjadinya pencemaran (Pratiwi, 2016).

#### a. Penentuan Nilai IPB (Ideks Pencemar Biologis)

Kepentingan nilai IPB suatu perairan pada umumnya dilakukan kalau air dari perairan tersebut akan digunakan sebagai bahan baku untuk kepentingan pabrik/industry untuk kepentingan rekreasi. Karena lebih tinggi nilai IPB maka akan lebih tinggi pula kemungkinan-kemungkinannya proses deteriosasi atau korosi materi dalam sistem pabrik ataupun terhadap kemungkinan adanya kontaminasi badan air oleh jasad patogen.

b. *Most Probable Number* (MPN)

Metode *Most Probable Number* (MPN) menggunakan pendekatan pengenceran berganda hingga punah telah dibuktikan sangat baik untuk memperkirakan populasi mikroba terutama apabila mikroba ada dalam jumlah yang sangat sedikit dalam makanan atau sampel air. Untuk mencari indikator bakteri pada tingkat yang amat rendah, mungkin satu atau dua per 100 sampel maka sampel atau peralatan yang digunakan tidak boleh tercemar karena penanganan kurang hati-hati. Kotoran manusia mengandung 13.101 bakteri golongan coliform tinja per gram kotoran setiap hari. Oleh karena itu pengerjaan mikrobiologi harus dikerjakan secara steril. Definisi dari metode ini adalah semua sampel yang berkembang menghasilkan gas dalam anaerob  $\text{CH}_4 / \text{CO}_2$  yang mengandung media cair dalam waktu  $48 \pm 3$  jam pada suhu  $35 \pm 0,50^\circ\text{C}$  kemudian dipindahkan ke dalam media cair laktose bila dalam waktu 24 jam pada suhu  $35 \pm 0,50^\circ\text{C}$  dan sampel tetap menghasilkan gas, hal ini dianggap positif *coliform*. Perhitungan kelompok bakteri *Coliform* mempergunakan jumlah perkiraan terdekat atau yang biasa dikenal dengan MPN (*Most Probable Number*), dengan jumlah 3-3-3 atau 5-5-5 tanpa memperhatikan jenis-jenis di dalam kelompok tersebut termasuk *Coliform fecal* ataupun *coliform non fecal* perbedaan dua kelompok tersebut dilakukan berdasarkan temperatur inkubasi yaitu untuk *Coliform fecal*  $42 \pm 1^\circ\text{C}$  dan *non fecal*  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . Dalam metode ini untuk mengetahui jumlah bakteri *Coliform* umumnya digunakan tabel Hopkin yang lebih dikenal dengan tabel MPN (*Most Probable Number*).

c. Analisa MPN

Dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

1) Tes Pendugaan (*Presumptif Test*)

Media yang digunakan adalah kaldu laktosa. Bakteri *Coliform* menggunakan laktosa sebagai sumber carbonya. Tes ini dikatakan

positif jika setelah 37 °c selama 24 jam laktosa yang telah difermentasi akan berubah warna dan terbentuk gas yang ditampung oleh tabung durham yang diletakkan terbalik.

2) Tes Konfirmasi (*Confirmed Tes*)

Merupakan tes lanjutan dari tes pendugaan. Dari tabung yang positif dari tes pendugaan dilakukan tes menggunakan medium BGLB (*Brilian Green Lactose Broth*) yang dapat menghambat pertumbuhan gram positif dan sebaliknya, yaitu menstimulasi pertumbuhan bakteri gram negatif seperti *Escherichia coli*. Selain itu dilakukan pula inokulasi pada cawan petri yang berisi media EMB agar (*Eosin Metylen Blue*) atau endo agar. Jika setelah inkubasi 37 °c dalam 2x24 jam tumbuh koloni yang tampak hijau berkilap logam maka dinyatakan positif *Coliform*.

3) Tes Penentu Atau Pelengkap (*Completed Tes*)

Untuk menentukan hasil pemeriksaan benar-benar positif, maka mikroba dari hasil tes konfirmasi yang positif diinokulasi pada kaldu laktosa kembali, selain itu ditumbuhkan pula pada agar darah miring.

### I. *Break point chlorination* (BPC)

*Break point chlorination* (BPC) adalah penentuan jumlah chlor yang dibutuhkan dalam pereaksian, sehingga semua zat yang dapat dioksidasi menjadi teroksidasi, amoniak hilang menjadi gas N<sub>2</sub>, dan masih ada residu sisa chlor aktif terlarut yang konsentrasinya dianggap perlu untuk desinfeksi mikroorganisme (Santika, dalam lestari.,1987).

*Break point chlorination* (BPC) sangat penting dilakukan sebelum masuk ke aplikasi kaporit di lapangan. BPC adalah jumlah chlor aktif (ion OCI dan HOCl) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik dan anorganik yang terlarut dalam limbah dan kemudian sisa chlor aktifnya berfungsi sebagai desinfektan (Lestari, dkk., 2008; Sururi, 2008).

Penambahan Kaporit secara terus menerus pada akhir *break point chlorination* akan meningkatkan Kaporit bebas saat beroperasi. Porsen dari penambahan Kaporit akan bereaksi dengan nitrogen organik dan kemungkinan akan membentuk kurva *breakpoint* (Thobanoglous dalam Siska., 1991).

Jumlah Kaporit yang harus ditambahkan untuk mencapai tingkat residu yang diinginkan disebut kebutuhan Kaporit. Dari grafik BPC yang telah diketahui kebutuhan Kaporitnya bisa digunakan untuk mendapatkan persentase penyisihan.

## J. Review Penelitian Sebelumnya

Beberapa hasil penelitian sebelumnya di sajikan pada table berikut :

**Tabel 2. 5**

### Hasil Rivew Penelitian

No	Penelitian	Bahan	Hasil
1	Ismail, 2009	Kaporit dosis 0,006 gr/l, dosis 0,012 gr/l, 0,024 gr/l. pada sample air limbah  Dengan sistem rancang acak lengkap (RAL) factorial.	Hasil penelitian pemberian chlor pada air bersih PDAM dengan dosis 0,006 gr/l, total bakteri <i>Coliform</i> turun menjadi 3 koloni/100 ml dan sisa chlor 0,24 ppm. Tandon air bersih bawah tanah (ABT) dengan dosis 0,024 gr/l, total bakteri <i>Coliform</i> turun menjadi 5 koloni/100 ml dan sisa chlor 0,40 ppm. Tandon air bersih campuran ABT dan PDAM dengan dosis 0,024 gr/l total bakteri <i>Coliform</i> turun menjadi 3 koloni/100 ml dan sisa chlor 0,29 ppm.
2	Menurut Rahayu dan Sugito, 2014	Kaporit dosis konsentrasi 350 ppm, 450 ppm dan 550 ppm pada air limbah rumah sakit.  Dengan sistem rancang acak lengkap (RAL) factorial.	Hasil penelitian pemberian Dosis kaporit sample air limbah rumah sakit dengan konsentrasi 350 ppm, 450 ppm dan 550 ppm dengan sistem Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial mampu menurunkan sisa chlor sampai memenuhi baku mutu sebesar 0,2-0,5 mg/l.

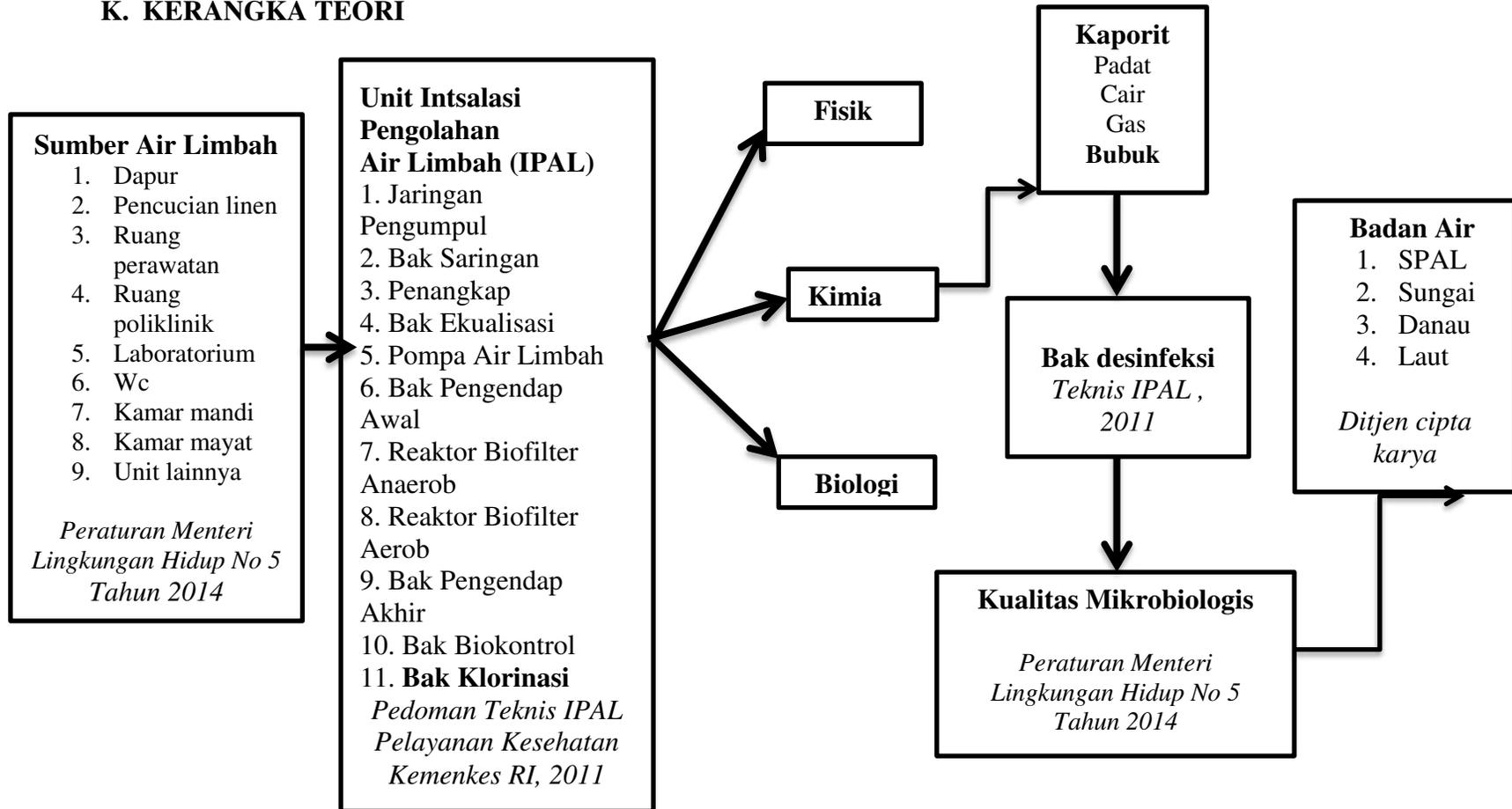
3	Jurnal Nasional Kesehatan Masyarakat, 2016	<p>Kaporit 5 kali pemberlakuan dengan Dosis kaporit 1 sebagai control, dan 5 variasi Dosis kaporit sebesar 650 mg/l, 700 mg/l, 750 mg/l, 800 mg/l, dan 850 mg/l. pada sample air limbah rumah sakit.</p> <p>Dengan sistem rancang acak lengkap (RAL) factorial.</p>	<p>Hasil penelitian bahwa dalam pengambilan sample air pada bak penampung IPAL sebelum chlornisasi, sistem 5 kali pemberlakuan dengan Dosis kaporit 1 sebagai control, dan 5 variasi Dosis kaporit sebesar 650 mg/l, 700 mg/l, 750 mg/l, 800 mg/l, dan 850 mg/l sebagai acuan di dapatkan hasil 0,48, 0,28, 0,28 0,36, dan 0,32 mg/l dengan persentase penurunan 98,43%, 99,08%, 99,06%, 99,06%, 98,81%, dan 98,90%. Keefektifan semua variasi Dosis kaporit adalah paling efektif di dosis 750-850 mg/l.</p>
4	Halimatus Salamatur Rohmah, 2015	<p>Kaporit dengan perlakuan dosis 1,5 gr/l, 2 gr/l, dan 2,5 gr/l. pada sample air limbah</p> <p>Dengan sistem rancang acak lengkap (RAL) factorial.</p>	<p>Hasil penelitian pemberian Dosis kaporit pada sampel air limbah rumah sakit dengan sistem replikasi Rerata keefektifan penurunan bakteri <i>coliform</i> sebelum dan setelah dilakukan perlakuan dosis 1,5 gr/l, 2 gr/l, dan 2,5 gr/l sebagai berikut : Rerata keefektifan pada dosis 1,5 gr/l sebesar 99,834%, Rerata keefektifan pada dosis 2 gr/l sebesar 99,417%, Rerata keefektifan pada dosis 2,5 gr/l sebesar 99,361%.</p>

Sumber : jurnal 2012-2021

Pada proses desinfeksi kali ini, kaporit digunakan sebagai desinfektan. Kaporit digunakan sebagai desinfektan karena harganya yang lebih murah, lebih stabil dan lebih melarut dalam air (Mursid,1991). Parameter yang diukur adalah jumlah bakteri *Coliform* Karena bakteri *Coliform* adalah indikator pencemaran. Bakteri *Coliform* merupakan mikroba yang digunakan untuk sintesis pada perairan dan makanan karena bakteri *Coliform* menyebabkan berbagai jenis penyakit, diantaranya diare, gagal ginjal akut, dan meningitis. Infeksi pada sistem pencernaan merupakan penyebab tingginya angka insidensi penyakit diare (Nugroho 2015).

Sedangkan peubah yang dijalankan adalah jenis desinfektan yaitu kaporit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) dan waktu pengadukan. Ada pun perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah menggunakan variasi dosis dan waktu kontak yang berbeda serta menggunakan sistem *batch* dan lapangan.

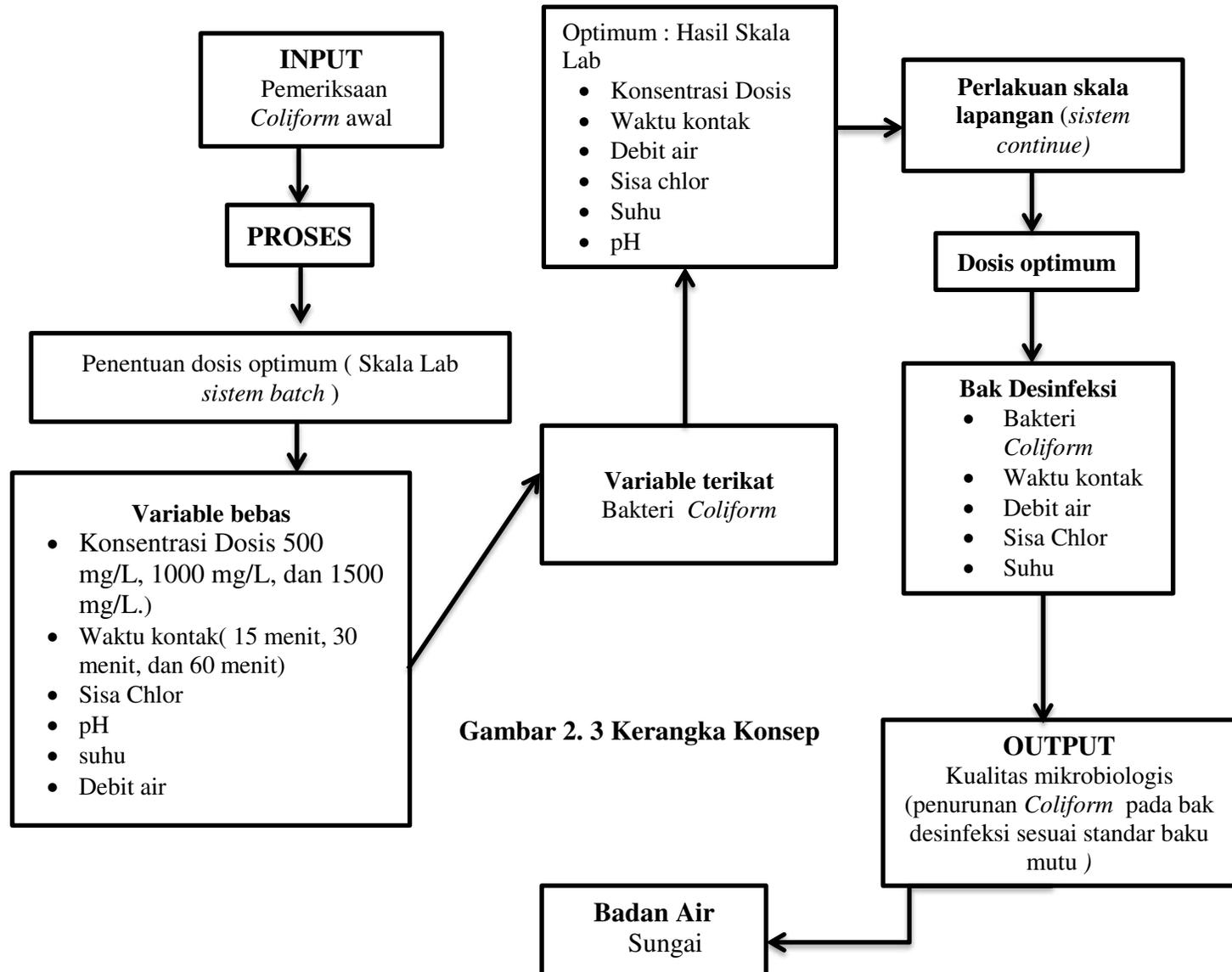
## K. KERANGKA TEORI



**Sumber :** Modifikasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, Pedoman Teknis IPAL Pelayanan Kesehatan Kemenkes RI, 2011

**Gambar 2. 2 Kerangka teori**

## L. KERANGKA KONSEP



Gambar 2. 3 Kerangka Konsep