

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Air Limbah Domestik

Air limbah merupakan air buangan yang berasal dari rumah tangga, masyarakat, air tanah, air permukaan, serta air buangan lainnya. Oleh karena itu, air limbah sering disebut kotoran (limbah) umum (Sugiharto, 2008). Air limbah domestik merupakan air yang didalamnya mengandung air bekas cucian, kamar mandi, dapur, dan toilet serta mempunyai komposisi 0,1% zat padat dan 99,9 % air (Puji dan Nur Rahmi, 2009). Setiap air limbah perlu diolah sebelum dibuang ke badan air. Dalam pengolahan air limbah harus memenuhi baku mutu yang berlaku. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016, baku mutu air limbah adalah ukuran atau batas pencemar yang ditenggang keberadaannya pada suatu air limbah yang akan dibuang ke badan air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Adapun baku mutu air limbah domestik adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksium
pH	-	6 s.d. 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Permen LHK No. 68 Tahun 2016

Selain Permen LHK No. 68 Tahun 2016, baku mutu untuk air limbah domestik berdasarkan Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah untuk IPAL Komunal Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD	mg/L	75
COD	mg/L	200
TDS	mg/L	2000
TSS	mg/L	75
Minyak & Lemak	mg/L	10
Detergen	mg/L	5
Suhu	°C	±3
pH	-	6 s.d. 9
Coliform	MPN/100ml	10000

Sumber : Perda DIY No. 7 Tahun 2016

Berdasarkan sifatnya, air limbah domestik dibagi menjadi 3 (tiga) karakteristik, yaitu karakteristik kimia, biologi, dan fisika. Adapun penjelasan tiap karakteristik air limbah domestik yaitu sebagai berikut :

1) Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia pada air limbah domestik terdiri dari beberapa parameter diantaranya adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), protein, karbohidrat, minyak dan lemak, deterjen, dan derajat keasaman (pH). BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai zat organik tersuspensi dan terlarut dalam air oleh bakteri *aerob*. COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam air limbah, dimana yang menjadi *oxidizing agent* (sumber oksigen) yaitu $K_2Cr_2O_7$. Protein adalah molekul yang sangat kompleks dan mengandung oksigen, karbon, dan hidrogen, serta terdiri dari susunan asam amino dan merupakan bahan pembentuk sel dan inti sel (Metcalf *and* Eddy, 2003).

Karbohidrat adalah suatu zat yang terdiri dari selulosa, pati, gula dan benang-benang kayu dan mempunyai sifat tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri dan relatif stabil. Minyak dan lemak yaitu komponen yang terdiri dari hidrogen dan karbon dan mempunyai sifat tidak larut dalam air. Deterjen adalah bahan organik yang digunakan sebagai pembersih. Sedangkan derajat keasaman (pH)

merupakan suatu nilai yang menunjukkan tingkat keasaman dan kebasaaan suatu air limbah (Metcalf *and* Eddy, 2003).

2) Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi pada suatu air limbah domestik dapat dilihat dari banyaknya mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit yang terkandung didalamnya. Faktor yang dapat menimbulkan penyakit akibat mikroorganisme diantaranya yaitu, *pathogenesis*, inang, dan dosis infeksi. Jenis organisme patogen yang menyebabkan penyakit diantaranya yaitu *Coliform* dan *Salmonella* (Said dan Marsidi, 2005).

3) Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika yang terkandung dalam air limbah yaitu warna, bau, suhu, dan bahan padatan. Warna yaitu suatu ciri yang digunakan untuk melihat kondisi air limbah domestik. Warna yang dihasilkan dari suatu air limbah domestik berasal dari kandungan polutan yang ada dalam air limbah tersebut. Semakin pekat warnanya, semakin banyak kandungan berbagai macam polutan didalam air limbah tersebut (Sugiharto, 1987). Bau adalah suatu keadaan dimana terjadinya reaksi atau proses pembusukan pada zat organik yang tidak sempurna dalam air limbah domestik. Adanya tambahan air hangat perkotaan, menyebabkan suhu air limbah domestik lebih tinggi daripada air bersih (Tchobanoglus, 1991). Bahan padatan pada air limbah domestik terdiri dari *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Dissolve Solid* (TDS). TSS yaitu padatan anorganik dan organik yang tersuspensi dan dapat lolos saringan dengan ukuran pori 0,45 mikromil. Sedangkan, TDS yaitu total padatan yang terlarut dalam air limbah domestik (Mulia, 2005).

1.2 IPAL Komunal

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal adalah sistem pengolahan air limbah yang dibangun secara terpusat untuk mengolah air limbah domestik agar diperoleh air limbah yang aman saat dibuang ke lingkungan atau badan air (Palangda, 2015).

IPAL Komunal bisa dibuat dengan sistem aerob dan anaerob. Apabila menggunakan sistem aerob. Biasanya pengolahan aerobik terdapat pada *secondary treatment*. IPAL Komunal dengan sistem aerob adalah suatu instalasi pengolahan air limbah yang didalamnya terdapat penambahan oksigen untuk menguraikan zat organik di dalam air limbah. Sedangkan, pengolahan anaerobik yaitu proses pengolahan dengan memanfaatkan reaksi mikroorganisme dengan kondisi anaerob atau tanpa pemberian oksigen terlarut (Marry et.al, 2015)

Teknologi untuk pengolahan air limbah terbagi 2 (dua) jenis, yaitu sistem aerobik dan anaerobik. Teknologi IPAL dengan sistem aerobik diantaranya *Activated Sludge, Aerated Pond, Tricking filter, Rotating Biological Contactor (RBC), Fluidized Bed Reactor*, dan Kolam Tanaman. Sedangkan untuk teknologi dengan sistem anaerobik diantaranya yaitu *Septic Tank, Imhoff tank, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Anaerobic Filter*, dan UASB.

Rotating Biological Contactor (RBC) yaitu unit proses pengolahan air limbah dengan media yang dipakai berupa piring tipis (disk) berbentuk bulat yang dipasang berjajar dalam satu poros untuk mengembangbiakan mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi polutan pada air limbah. Keunggulan dari sistem RBC ini yaitu proses dan konstruksinya sederhana, sehingga membutuhkan energi lebih kecil, selain itu tidak memerlukan udara dalam jumlah besar, sehingga tidak menimbulkan buih. Adapun kekurangan dari RBC adalah sensitif terhadap temperatur (Said, 2017).

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) adalah unit proses pengolahan yang tersusun atas beberapa ruang untuk proses sedimentasi. Prinsip kerja dari *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* adalah air limbah yang masuk ke dalam unit pengolahan akan dikontakkan dengan baffle-baffle yang ada di tiap ruang dengan waktu kontak yang berbeda-beda tergantung kecepatan aliran air limbah. Sehingga memungkinkan bakteri (mikroorganisme) dapat berkembang biak (Putra dan Sari, 2014).

1.3 Toksikologi

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari tentang dampak yang ditimbulkan oleh suatu limbah atau bahan pencemar terhadap organisme yang dijadikan sebagai hewan uji. Toksikologi dibagi menjadi 3 (tiga) bidang, diantaranya yaitu Toksikologi Forensik, Toksikologi Klinis, dan Toksikologi Lingkungan (Mukono, 2005).

Toksikologi Forensik yaitu ilmu yang mempelajari penyebab kematian pada penyelidikan suatu kasus kejahatan terhadap manusia dan hewan. Toksikologi Klinis yaitu ilmu yang mempelajari tentang dosis obat yang diperlukan untuk membunuh penyebab penyakit. Toksikologi lingkungan yaitu ilmu yang mempelajari pengaruh serta dampak yang ditimbulkan dari masuknya suatu zat pencemar ke dalam lingkungan (Soemirat, 2003).

1.4 Uji Toksisitas

Uji toksisitas yaitu suatu pengujian untuk memperoleh data dosis-respon dari efek toksik pada suatu zat pencemar terhadap sistem biologi. Data ini biasanya digunakan untuk dijadikan informasi bagaimana tingkat paparan zat toksik terhadap manusia, sehingga dapat ditentukan dosis dalam penggunaannya. Uji toksisitas dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu uji kuantitatif dan uji kualitatif. Uji kuantitatif biasanya dilakukan pada hewan uji, sehingga dapat diketahui dosis aman dari zat toksik jika terpapar pada hewan uji. Sedangkan uji kualitatif yaitu pengujian toksisitas yang didasarkan pada gejala suatu penyakit yang timbul, sehingga dapat diketahui zat toksik yang meracuni hewan uji ataupun manusia (Soemirat, 2003).

Pengujian toksisitas dapat dilakukan pada perairan, pengujian ini dilakukan untuk mengidentifikasi bagaimana pengaruh efluen yang dihasilkan pada suatu industri atau instalasi pengolahan limbah terhadap badan air penerima. Pengujian ini dapat dilakukan dalam laboratorium maupun di tempat pengambilan sampel limbah (*on site*). Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan nilai *Letal Concentration 50* (LC_{50}), *No Observed Effect Concentration* (NOEC),

Inhibition Concentration 50 (IC₅₀) atau *Inhibition Concentration (IC₂₅)* (EPA, 1992).

Dalam pengujian toksisitas diperlukan pemilihan hewan uji untuk keperluan penelitian berdasarkan tingkat trofis masing-masing hewan uji. Organisme trofis tingkat 1 yaitu algae air tawar, diantaranya *Scenedesmus capricornatum*, *Scenedesmus subspicatus*, dan *Chlorella vulgaris*. Organisme trofis tingkat 2 yaitu akuatik air tawar diantaranya *Daphnia magna*, sedangkan untuk akuatik laut *Artemia salina*. Organisme trofis tingkat 3 tidak termasuk dalam uji toksisitas, karena secara fisiologi dan biokimia hampir sama dengan organisme tingkat 4. Organisme trofis tingkat 4 adalah jenis ikan, diantaranya *Lepomis macrochirus*, *Tilapia mozambica*, *Cyprinus carpio*, dan *Oreochromis niloticus*. Sedangkan untuk organisme trofis tingkat 5 adalah jenis burung, diantaranya *Colinus virgianus*, *Columba spp*, dan *Phasianus colchicus* (Soemirat, 2003).

1.5 Whole Effluent Toxicity (WET)

Whole Effluent Toxicity (WET) adalah evaluasi dan identifikasi toksisitas uji awal untuk analisa kimia secara spesifik dan mengetahui efek samping dari organisme yang terpapar oleh limbah. Tes WET digunakan untuk menentukan toksisitas limbah/ badan air selama periode waktu tertentu. Pengujian WET dikembangkan pertama kali oleh U.S. EPA (*Environmental Protection Agency*) untuk memantau dan mencegah dampak dari limbah yang tercemar terhadap lingkungan. Pengujian WET ini dapat dilakukan selama 36 jam setelah sampel diambil. Metode Metode *Whole Effluent Toxicity (WET)* ini dapat menentukan *Letal Concentration 50 (LC₅₀)*, *No Observed Effect Concentration (NOEC)*, *Inhibition Concentration 50 (IC₅₀)* atau *Inhibition Concentration (IC₂₅)* (Sung Ra, 2015).

Metode yang digunakan pada uji *Whole Effluent Toxicity (WET)* ini yaitu dibagi menjadi 2 (dua) yaitu metode *Grab sample* dan *Composite sample*. *Grab sample* adalah sampel yang diambil pada waktu tertentu dan sampel tersebut sudah mampu mewakili limbah secara keseluruhan. Sedangkan, *composite sample* adalah suatu sampel yang diperoleh dari suatu titik pada waktu yang berbeda-

beda. Kedua metode ini mempunyai keuntungan dan kekurangan masing-masing, diantaranya sebagai berikut :

a. Grab Sampel

Keuntungan :

- Mudah dikumpulkan, membutuhkan waktu dan peralatan yang sederhana.
- Memberikan nilai toksisitas yang cepat.

Kekurangan :

- Sampel yang dikumpulkan dalam waktu yang relatif singkat menimbulkan lonjakan kehilangan toksisitas yang tinggi.

b. *Composite Sample*

Keuntungan :

- Dikumpulkan selama periode 24 jam.
- Berisi semua lonjakan toksisitas.

Kekurangan :

- Biaya mahal.
- Lonjakan toksisitas memungkinkan tidak terdeteksi.

Pada umumnya hewan uji yang digunakan dalam metode pengujian *Whole Effluent Toxicity (WET)* ini adalah *Daphnia magna*. Karena, *Daphnia magna* mudah dibudidayakan dalam laboratorium, selain itu, *Daphnia magna* juga sangat sensitif terhadap berbagai polutan dan parameter fisik-kimia pada air limbah. Parameter fisik-kimia yang sensitif terhadap air limbah yaitu pH, DO, Suhu, dan Amoniak (Kocbas, 2015).

Daphnia magna dapat mengalami malformasi jika terpapar air limbah yang mengandung logam berat. Biasanya jaringan yang terganggu pada hewan uji ini ketika terpapar air limbah yang mengandung logam berat yaitu jaringan endokrin. Oleh karena itu, untuk meningkatkan perkembangbiakan *Daphnia magna* dapat dilakukan penambahan konsentrasi air limbah domestik (Tan-Duc, 2010).



Gambar 2. 1 *Daphnia Magna*

Sumber : (Anggraini, 2016)

Perbedaan *Daphnia magna* jantan dan betina yaitu dilihat dari antenula dan jenis kakinya. *Daphnia magna* jantan lebih kecil ukurannya dibandingkan dengan *Daphnia magna* betina. Selain itu, *Daphnia magna* jantan memiliki antenula yang lebih panjang, serta terdapat post abdomen termodifikasi pada kaki kedua, yaitu terdapat pengait yang digunakan untuk menjepit.

LC50 adalah konsentrasi toksik yang diperkirakan secara statistik, dimana 50% organisme mati pada waktu pengamatan tertentu, misalnya 48 jam, 7 hari, 14 hari, atau 21 hari pada *Daphnia* (EPA, 1987). Metode untuk menentukan LC50 ada 4 (empat) metode diantaranya, Metode Probit yaitu metode analisis yang digunakan apabila semakin tinggi konsentrasi air limbah nilai mortalitas pada hewan uji semakin tinggi. *Graphical Method* yaitu metode analisis yang digunakan untuk menentukan nilai LC50 apabila tidak ada kematian parsial dengan membuat interpolasi linier antara log 10 konsentrasi dan % mortalitas hewan uji. *The Spearman-Kärber Method* yaitu metode analisis yang digunakan apabila kematian parsial terjadi pada pengujian toksik, serta memperkirakan nilai rerata distribusi log 10 dengan median dari log 10 konsentrasi.

The Trimmed Spearman-Kärber yaitu metode analisis yang digunakan apabila data yang dihasilkan tidak dapat dianalisis menggunakan metode Probit

dan metode *Spearman-Karber*. Efek konsentrasi terendah (LOEC) dan efek tidak ada konsentrasi teramati (NOEC) perlu dicatat dan diamati (Biesinger et.al, 1987).

1.6 Penelitian Terdahulu

Pengujian toksisitas pada suatu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan tempat dan waktu yang berbeda sudah pernah dilakukan. Berikut merupakan berbagai hasil dari penelitian terdahulu tentang pengujian toksisitas pada IPAL yang dilakukan dari berbagai aspek :

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

Nama	Hasil
Hamilton et al, 1977	Data mortalitas yang tidak sesuai apabila dianalisis dengan metode probit, maka dapat dihitung dengan metode Trimmed Spearman Karber dengan interval kepercayaan 95%
Environmental Protection Agency (EPA), 2002	Ukuran gelas untuk pengujian toksisitas pada <i>Daphnia Magna</i> minimal 30 mL, ukuran volume larutan untuk pengujian toksisitas pada <i>Daphnia Magna</i> minimal 25 mL, jumlah hewan uji untuk <i>Daphnia Magna</i> minimal 5. untuk pengambilan sampel diwajibkan menggunakan metode <i>Grab Sampling</i> atau <i>Composite Sampling</i>
Movahedian et al, 2005	Efisiensi removal toksisitas berbeda setiap unit pengolahan. Pada penelitian didapatkan efisiensi removal LC50 setelah <i>Preliminary Treatment</i> 6%, setelah <i>Primary Treatment</i> 38%, setelah <i>Secondary Treatment</i> 8% jika ditotalkan menjadi 50%
Sung Ra et al, 2007	Seri konsentrasi untuk <i>Range Finding Test</i> yaitu 6,25%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100%
Soetopo et al, 2007	Akuarium yang digunakan untuk aklimatisasi <i>Daphnia Magna</i> yaitu akuarium dengan volume 5 liter (25 x 10 x 20). Umur <i>Daphnia</i> yang digunakan untuk pengujian toksisitas maksimal 24 jam
Tyagi et al, 2007	Rata-rata nilai efisiensi toksisitas <i>Daphnia</i> setelah melewati <i>Primary Settling Tank</i> (PST) sebesar 25%, <i>Secondary Settling Tank</i> (SST) 25 %, dan untuk pengolahan tersier 15%

Nama	Hasil
Hermawati et al, 2009	Pada saat aklimatisasi diperoleh 100% anakan betina dan 0% anakan jantan. Hal ini dapat dipengaruhi pemberian pakan yang kurang atau berlebih dan parameter kualitas air seperti DO, pH, dan suhu
Kocbas & Oral, 2015	Pengujian toksisitas akut dengan menggunakan metode WET dilakukan pada <i>Daphnia Magna</i> dengan memperhatikan parameter fisik kimia yang terkandung dalam air limbah
Sung Ra et al, 2015	Waktu Sampel untuk pengujian toksisitas dengan metode WET yaitu sampai dengan 36 jam setelah sampel diambil. Nilai LC50 dapat dihitung dengan metode Spearman Karber dan Probit
Prasetya et al, 2016	Pemberian pakan <i>Daphnia Magna</i> pada skala laboratorium menggunakan ragi. Laju pertumbuhan <i>Daphnia Magna</i> dipengaruhi oleh fase pertumbuhan <i>Daphnia magna</i> . Dari hasil penelitian diperoleh 0,02 gram/L diperoleh anakan <i>Daphnia</i> 8 pada hari puncak populasi, 0,04 gram/L diperoleh anakan <i>Daphnia</i> 8 pada hari puncak populasi. 0,06 gram/L diperoleh anakan <i>Daphnia</i> 12 pada hari puncak populasi. 0,08 gram/L diperoleh anakan <i>Daphnia</i> 8 pada hari puncak populasi.