

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Domestik

Limbah cair domestik atau air limbah rumah tangga merupakan buangan manusia (tinja dan air seni) dan *sullage*, yaitu air limbah yang dihasilkan kamar mandi, pencucian pakaian dan alat-alat dapur serta kegiatan rumah tangga lainnya (Sugiharto, 1987). Air limbah rumah tangga dapat dibagi menjadi air buangan dan limbah. Air buangan terdiri dari buangan bak mandi, mesin cuci, dan wastafel dapur sedangkan air limbah terdiri dari pembuangan toilet. Air buangan jauh lebih tercemar daripada air limbah dan menyumbang sekitar 75-90% dari air limbah rumah tangga (Herma et.al, 2011).

Air limbah rumah tangga mengandung bahan kimia yang digunakan dalam aktifitas rumah tangga dan harus diolah agar tidak meencemari dan tidak membahayakan kesehatan dan lingkungan (Alfrida, et.al, 2016). Untuk mengurangi dampak negatif tersebut maka perlu suatu upaya pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan, salah satunya dengan membuat instalasi pengolahan air limbah komunal (Sri, 2009). Kriteria kualitas air yang baik umumnya terdiri dari parameter kimia dan mikrobiologi: COD, BOD, nutrisi, patogen, logam berat, dan beberapa mikropolutann organik (Hendriks et.al, 1994).

Karakteristik air limbah rumah tangga sangat bergantung pada standar hidup, kebiasaan sosial dan budaya, jumlah anggota rumah tangga dan penggunaan bahan kimia rumah tangga (*Association for Rainwater harvesting and Water Utilisation*, 2006). Indikasi pencemaran air dapat diketahui secara visual maupun pengujian. Perubahan pH (tingkat keasaman), yang paling umum terjadi dimana air normal yang memenuhi syarat berkisaran pada nilai 6,5-7,5. Perubahan pH akan mengubah air sungai dan dapat mengganggu kehidupan organisme didalamnya. Perubahan warna, bau, dan rasa juga menjadi salah satu indikasi bahwa air telah tercemar (Wardana, 1999).

2.2 IPAL Komunal

IPAL Komunal merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok rumah tangga) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan, sesuai dengan baku mutu lingkungan. Limbah cair dari rumah penduduk dialirkan ke bangunan bak tampungan IPAL melalui jaringan pipa (Marry et.al, 2015).

Teknologi dalam pengolahan air limbah ada beberapa macam salah satunya adalah Instalasi pengolahan air limbah komunal dengan sistem anaerobik dan aerobik. Pengolahan secara anaerobik adalah proses yang memanfaatkan reaksi mikroorganisme untuk mengolah air limbah dalam kondisi tanpa oksigen terlarut. Beberapa teknologi yang umum digunakan untuk pengolahan air limbah secara anaerobik antara lain Septic tank, Imhoff tank, Anaerobic baffled reactor (ABR), Anaerobic filter, dan UASB (Marry et.al, 2015).

ABR atau *septic tank* yang tersusun atas beberapa ruang yang merupakan tempat untuk proses sedimentasi. Reaktor ini dikembangkan oleh Bachman dan Mc Carty di Stanford University tahun 1982, berbentuk persegi panjang, dibagi 4 kompartemen berukuran sama. Masing-masing kompartemen dipisahkan dinding dari arah atas dan dasar tangki, zat cair dialirkan menuju ke atas lalu ke bawah antar dinding dan menuju ke atas lagi melalui sludge anaerobik blanket hingga melewati kompartemen ke-4. Dalam reaktor ini terjadi kontak antaran air limbah dengan biomassa aktif, dimana direncanakan dengan reaktor ini biomassa akan tertahan sebanyak mungkin. Berdasarkan hasil penelitian Bachman (1982), reaktor jenis ini mampu menyisihkan COD hingga 80% (Sani, 2006).

Penerapan teknologi ABR ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya ialah sederhana, handal, efisien, kebutuhan lahan $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ air limbah perhari. Sedangkan kekurangannya ialah membutuhkan ruangan yang besar selama konstruksi, kurang efisien untuk limbah yang ringan, butuh waktu yang panjang untuk proses pengolahannya (Putra, 2014).

2.3 Uji Toksisitas

Toksisitas diartikan sebagai kemampuan racun (molekul) untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh dan lokasi organ yang rentan terhadapnya (Soemirat, 2003). 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 merupakan parameter penting dalam pemantauan kualitas air limbah karena memberikan respon lengkap organisme uji terhadap semua senyawa dalam air limbah (Movahedian, 2005).

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 Observable Effect Concentration* (NOEC), Inhibition Concentration (IC_{50}) atau Inhibition Concentration 25% (IC_{25}) (EPA, 1992).

WET adalah evaluasi dan identifikasi toksisitas uji awal untuk analisa kimia secara spesifik dan mengetahui efek samping dari organisme yang terpapar oleh limbah. *WET* digunakan untuk menentukan toksisitas limbah/ badan air selama periode waktu tertentu. Hanya ada sedikit perbedaan toksisitas menurut jenis influen (kota dan agroindustri) di semua pabrik pengolahan. Namun, limbah yang diolah dengan proses pengolahan lumpur teraktivasi ditemukan menunjukkan toksisitas yang jauh lebih rendah daripada yang diolah dengan memutar kontaktor biologis (RBC) dan proses aerasi yang diperpanjang (Sung Ra et.al, 2015).

2.3.1 Median Lethal Concentration (LC_{50})

LC_{50} adalah konsentrasi toksik yang diperkirakan secara statistik, dimana 50% organisme mati pada waktu pengamatan tertentu, misalnya 48 jam, 7 hari, 14

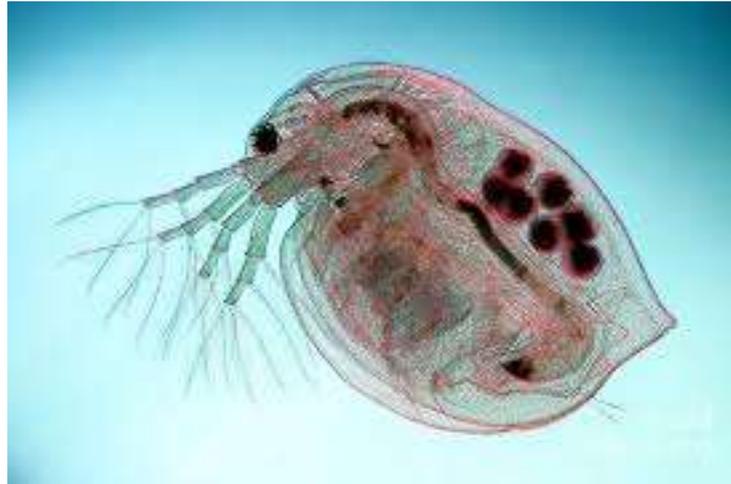
hari, atau 21 hari pada *Daphnia* (EPA, 1987). Metode untuk LC₅₀ tergantung hasil pengujiannya. Jika tidak ada kematian parsial dalam replikasi, maka nilai LC₅₀ dapat ditentukan dengan metode Moving-Average. Jika terdapat nilai mortalitas parsial saat proses replikasi, maka dapat digunakan metode *Probit* untuk menentukan nilai LC₅₀. Namun apabila nilai mortalitas tidak parsial atau mengalami fluaktuasi dapat menggunakan metode spearman karber atau trimmed spearman karber.

Konsentrasi efluen dimana 50% dari organisme mati selama test (LC₅₀) digunakan sebagai pemenuhan titik akhir (*end point*) untuk *Test Whole Effluent Toxicity (WET)* akut. Dalam rangka mengkalkulasi LC₅₀, salah satu dari konsentrasi tes harus menyebabkan > 50% kematian. LC₅₀ yang lebih rendah berarti semakin beracun efluen tersebut. Sebagai contoh, LC₅₀ > 100% berarti kekuatan penuh efluen tersebut tidak membunuh lebih dari separuh organisme. LC₅₀ artinya sama dengan konsentrasi 50% dari efluen mempunyai kekuatan membunuh 50% dari hewan uji.

Selanjutnya Mayer (1982) mengklasifikasikan tingkat toksisitas suatu ekstrak berdasarkan LC₅₀, yaitu kategori sangat tinggi (*highly toxicity*) apabila mampu membunuh 50% larva pada konsentrasi 1 – 10 µg/mL, sedang (*medium toxicity*) pada konsentrasi 10 – 100 µg/mL, dan rendah (*low toxicity*) pada konsentrasi 100 – 1000 µg/mL.

2.3.2 *Daphnia Magna*

Daphnia magna adalah zooplankton yang paling umum digunakan dalam tes toksikologi (Movahedian, 2005). *Daphnia* merupakan hewan mikro yang sensitif terhadap banyak zat beracun dan dapat dikulturkan dengan mudah (Donat et.al, 2017). Pemilihan hewan uji *Daphnia Magna* dilakukan karena hewan uji ini merupakan salah satu hewan uji yang mudah dikultur dan memiliki sensitivitas tinggi dibandingkan dengan udang dan jenis hewan avertebrata lainnya (Hernandez et.al, 2012).



Gambar 2.1 *Daphnia magna*

Sumber: <https://fineartamerica.com/loginchoosetype.php>

Daphnia Secara taksonomi termasuk dalam kelompok crustacea renik yang hidup secara umum diperairan tawar (Pangkey, 2009). Secara morfologi pembagian segmen pada tubuh *Daphnia* hampir tidak terlihat. Pada bagian tubuh menyatu dengan kepala. Bentuk tubuh membungkuk ke arah bawah, hal ini terlihat jelas melalui lekukannya. Beberapa spesies *Daphnia* sebagian besar anggota tubuh tertutup oleh carapace, dengan kaki semu yang berjumlah enam pasang dan berada pada rongga perut. Bagian tubuh yang paling terlihat adalah mata, antena dan sepasang setae (Pennak, 1989).

Mekanisme reproduksi *daphnia* adalah dengan cara partenogenesis (tanpa kawin), dan sebagian besar telur yang dihasilkan akan menetas menjadi *daphnia* betina. Kemudian satu atau lebih individu muda dirawat dengan menempel pada tubuh induk. Pertambahan ukuran terjadi sesaat setelah telur menetas di dalam ruang pengeraman. *Daphnia* dewasa berukuran 2,5 mm, anak pertama sebesar 0,8 mm. Dihasilkan secara partenogenesis (Mudjiman, 1999).

Menurut Siregar (1996) jika kondisi lingkungan hidup *Daphnia* tidak sesuai dengan kondisi pakan dan tidak memadai, beberapa *daphnia* akan memproduksi telur berjenis kelamin jantan. Kehadiran jantan ini dapat membuahi telur *Daphnia* (*ephipim*), satu ekor *Daphnia* jantan dapat membuahi ratusan *daphnia* betina dalam satu periode.

Daphnia dapat hidup dan berkembang biak dengan baik pada kondisi yang stabil. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain oksigen terlarut (DO), pH, Suhu, Amoniak, dan ketersediaan nutrien. Oksigen terlarut (DO) merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup *Daphnia*. Pada umumnya *daphnia* dapat hidup pada kondisi DO diatas 3 mg/l (Ebert,2005). Suhu yang masih dapat ditoleransi oleh *Daphnia* bervariasi sesuai pada lingkungan yang ada. *Daphnia* umumnya dapat hidup optimal dengan kisaran suhu 22-31° C (Radini, 2004). Sedangkan kisaran derajat keasaman (pH) pada daphnia yang masih dapat ditolerir adalah 7,2-8,5 (Clare, 2002).

2.3.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai uji toksisitas akut terhadap air limbah sebelumnya sudah pernah dilakukan pada waktu, lokasi dan hewan uji yang berbeda. Uji toksisitas dalam penelitian sebelumnya dilakukan terhadap air limbah non domestik dengan memperhatikan parameter fisik dan kimia, serta kandungan unsur logam didalam air limbah tersebut. Berikut adalah beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai uji toksisitas akut air limbah.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Judul	Hasil
H Movahedian, B. Bina, dan GH Asghari (2005)	Parameter fisik dan kimia tidak cukup untuk mengetahui kandungan yang bersifat toksik pada air limbah, serta uji toksisitas harus dilakukan dalam kombinasi dengan analisis rutin seperti BOD dan TSS untuk menjamin keamanan organisme akuatik
Joana Febrita dan Dwina Roosmini (2010)	Beberapa parameter efluen IPAL belum memenuhi baku mutu KepMenLH No.51 Tahun 1995, diantaranya pH, TSS, Zn, COD, dan Cr. Penyisihan beberapa parameter belum maksimal, sehingga kinerja IPAL perlu ditingkatkan. Parameter Cr dan Zn paling berpengaruh dalam menyebabkan toksisitas.
L. Hernandez Leal, A.M. Soeter, S.A.E. Kools,	Tes ekotoksistas menunjukkan bahwa air limbah dari masing-masing teknologi sangat beracun dan diperlukan

M.H.S. Kraak, J.R.Parsons, H.Temmink, G.Zeeman, C.J.N.Buisman (2012)	pengolahan lebih lanjut. Pengolahan biologis dalam reaktor aerobik menghasilkan kualitas effluen yang baik yang mengurangi nilai toksisitas air limbah, meskipun masih ada beberapa efek kronis yang dapat diukur setelah terpapar air limbah yang diolah secara aerobik.
Jing Sung Ra, Hyun Koo Kim, Nam Ik Chang, Sang Don Kim (2007)	Air limbah yang diolah menggunakan teknologi lumpur aktif memiliki tingkat toksisitas dibandingkan dengan air limbah yang diolah dengan <i>rotating biological contactor</i> dan proses aerasi yang diperpanjang.
Floria Christin, Shinta Elystia, dan Elvi Yenie (2015)	Karakteristik limbah cair tahu dari parameter COD, TSS, amonia, pH melewati baku mutu jika dibandingkan dengan PermenLH No.15 Tahun 2008, serta limbah cair tahu berpengaruh besar menyebabkan toksisitas akut.
Fatma Kocbas, Rahime Oral (2015)	Air limbah perkotaan dapat berbahaya bagi biota bahkan jika mereka ternyata IPAL tersebut memenuhi standar baku mutu, karena pengukuran jumlah parameter fisik dan kimia yang cukup memerlukan penentuan standar batas debit. Namun, air limbah kota dapat mencakup zat-zat organik dan anorganik beracun, karsinogen, dan mutagenik yang semuanya sulit ditentukan.
Ya-Ching Lee, Liang-Ming Whang, Minh Huy Ngo, Te-hao Chen, Hai-Hsuan Cheng (2016)	Dalam penelitian ini, limbah cair LCD-TFT berpotensi menyebabkan efek racun akut terhadap <i>Daphnia Similis</i> dan <i>C.carpio</i> , khususnya untuk kandungan TMAH dan NH_4 yang terkandung didalam sampel limbah. Penting untuk menggunakan dua spesies yang berbeda untuk evaluasi uji bio-toksitas akut. Nilai LC_{50} untuk In, Mo, dan logam lain ditemukan lebih tinggi dari konsentrasi limbah cair TFT-LCD yang diolah. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi pengolahan untuk industri TFT-LCD masih diperlukan, terutama untuk TMAH dan NH_4 .
Tivany Edwin, Taufiq Ihsan, Windy Pratiwi (2017)	Semakin tinggi konsentrasi logam Pb, Cr, dan Co yang terkandung dalam air limbah, maka semakin besar pula

	<p>kematian <i>Daphnia magna</i>, sehingga nilai LC_{50} juga semakin besar dan sebaliknya. Logam Pb, Cr, dan Co sangat kuat mempengaruhi nilai LC_{50}.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------