

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Tambak Udang

2.1.1 Kualitas Limbah Cair Tambak Udang

Air limbah tambak udang yang dibuang ke lingkungan khususnya sungai harus memenuhi standar baku mutu air limbah Cair sesuai dengan SK Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Kegiatan Industri Pengolahan Ikan dan Udang. Baku Mutu Limbah Cair adalah batas maksimal limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan. Nilai Ambang Batas (NAB) parameter limbah cair yang diperbolehkan dan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Tambak Udang

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	COD	mg/L	125
2	Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	50
3	Amonia Terlarut	mg/L	0,5

Sumber : SK Gubernur DIY No. 7 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Kegiatan Industri Pengolahan Ikan dan Udang

2.1.2 Karakteristik Limbah Tambak Udang

1) COD

Sedangkan COD (Chemical Oxygen Demand) atau oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan didalam air, dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh bahan kimia yang digunakan sebagai sumber oksigen / oxidizing agent (Susilawaty, 2011).

Didalam lingkungan bahan organik banyak terdapat dalam bentuk karbohidrat, protein, lemak yang membentuk organisme hidup dan senyawa-senyawa lainnya yang merupakan sumber daya alam yang sangat penting dan dibutuhkan oleh manusia. Secara normal bahan organik tersusun oleh unsur-unsur C, H, O, dan dalam beberapa hal mengandung N, S, P, dan Fe (Rukaesih Achmad, 2004).

Senyawa-senyawa organik pada umumnya tidak stabil dan mudah dioksidasi secara biologis atau kimia menjadi senyawa stabil, antara lain oksigen terlarut dalam perairan menurun dan hal ini menyebabkan permasalahan bagi kehidupan akuatik. Untuk menyatakan kandungan bahan organik dalam perairan dilakukan dengan mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan tersebut sehingga menjadi senyawa yang stabil (Rukaesih Achmad, 2004)

2) Residu Tersuspensi (TSS)

TSS (Total Suspended Solid) atau padatan tersuspensi total adalah bahan-bahan tersuspensi dan tidak terlarut dalam air (Bambang, 1996).

3) Amonia Terlarut

Amonia adalah gas tajam yang tidak berwarna (titik didih $-33,5^{\circ}\text{C}$). Cairan mempunyai panas penguapan yang besar ($1,37 \text{ kJ g}^{-1}$ pada titik titinya) dan dapat ditangani dengan peralatan laboratorium yang biasa. Cairan NH_3 mirip air dalam perilaku fisiknya bergabung dengan sangat kuat melalui ikatan hidrogen. Tetapan dielektriknya (-22 pada -34°C ; kira-kira 81 untuk H_2O pada suhu 25°C) cukup tinggi untuk membuatnya sebagai pelarut pengion yang baik. Pengionan dirinya cukup tinggi (Cotton dan Wilkinson, 1989).

2.1.3 Pencemaran Limbah Tambak Udang

Pencemaran pada perairan budidaya selain berasal dari limbah industri dan domestik juga berasal dari sisa pakan buatan (pelet) dan *feces* hewan yang dibudidayakan (M. Badjoeri dan T. Widiyanto, 2008).

Kandungan protein pelet (pakan udang buatan) cukup tinggi, yaitu sekitar 40 %, sehingga pembusukan (perombakan) pelet akan menghasilkan senyawa nitrogen anorganik berupa $N-NH_3$ / $N-NH_4^+$ (amonia/amonium) yang merupakan salah satu senyawa toksik bagi udang (Boyd, 1990).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Garno (2004) diketahui bahwa 90 % protein yang terdapat pada tambak berasal dari pelet, hanya 22 % yang dikonversi menjadi biomassa udang dan 7 % dimanfaatkan oleh aktivitas mikroorganisme, sedangkan 14 % terakumulasi dalam sedimen dan 57 % tersuspensi pada air tambak. Diestimasi terjadi akumulasi senyawa nitrogen organik di tambak udang jumlahnya sebesar 600 kg/ha/tahun pada tambak yang memproduksi 10 ton/ha/th dengan konversi pakan 1,6. Dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak penggunaan pelet akan semakin besar pula terjadinya akumulasi metabolit toksik di dalam perairan tambak.

Menurut Widiyanto 2006 tingginya akumulasi bahan organik di tambak udang dapat menimbulkan beberapa dampak yang merugikan yaitu:

- 1) Memacu pertumbuhan mikroorganisme *heterotrofik* dan bakteri patogen
- 2) Eutrofikasi
- 3) Terbentuknya senyawa toksik (amonia dan nitrit)
- 4) Menurunnya konsentrasi oksigen terlarut.

Secara alamiah sistem perairan (tambak udang) mampu melakukan proses *self purification*, namun apabila kandungan senyawa organik sudah melampaui batas kemampuan *self purification*, maka akumulasi bahan organik dan pembentukan senyawa-senyawa toksik di perairan tidak dapat dikendalikan, sehingga menyebabkan menurunnya kondisi kualitas air bahkan kematian udang yang dibudidayakan (Badjoeri *et al*, 2006). Senyawa amonia dan nitrit dalam batas-batas konsentrasi tertentu dapat menimbulkan dampak negatif (Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Dampak Negatif yang Ditimbulkan oleh Senyawa Metabolit Toksik Amonia dan Nitrit Terhadap Senyawa Hewan Akuatik

No	Dampak Negatif Senyawa Metabolit Toksik	
	Amonia/Amonium	Nitrit
1	Memicu terjadinya peningkatan fitoplankton	Menghambat reaksi oksigen oleh darah dalam tubuh (<i>methaemoglobinaemia</i>)
2	Terjadinya fluktuasi oksigen terlarut dalam air pada waktu siang dan malam hari	Pembentukan senyawa <i>methaemoglobin</i> (met – Hb), dapat menyebabkan penyakit darah coklat
3	Berpengaruh terhadap fisiologis udang, pH hidrogen darah dan menghambat aktivitas enzimatik	Penyebab LC 50 untuk ikan air tawar pada konsentrasi antara 66 – 200 mg/L dalam waktu 96 jam, dan untuk air tawar pada konsentrasi antara 8,5-15,4 mg/L
4	Pada konsentrasi 5,7 mg/L dapat menyebabkan LC 50 dari Udang Macan (<i>Penaeus Monodon</i>) dalam waktu 24 jam, dan pada konsentrasi 1,26 mg/L dalam waktu 96 jam.	Penyebab LC 50 untuk Udang Macan (<i>Penaeus Monodon</i>) pada konsentrasi 204 mg/L dalam waktu 24 jam, dan pada konsentrasi 45 mg/L dalam 96 jam.
5	Pada konsentrasi 0,7 – 2,4 mg/L dapat menjadi racun dalam air tawar	Menghambat pertumbuhan Udang Galah (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) pada konsentrasi antara 1,8 – 6,2 mg/L.

Sumber : Boyd 1990, Chin & Chen (1987), Boyd & Fast (1992)

Senyawa amonia dan nitrit bersifat toksik bila konsentrasinya sudah melebihi ambang batas, namun demikian mekanisme toksisitasnya bagi udang masih belum banyak diketahui dengan jelas. Konsentrasi amonia yang aman untuk budidaya udang $\leq 0,012$ mg/L dan konsentrasi maksimum senyawa nitrit diperairan budidaya $\leq 4,4$ mg/L (Schwedler *et al.* 1985).

2.2 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah sebuah teknologi yang menggunakan berbagai tanaman untuk menurunkan, mengekstrak atau menghilangkan kontaminan dari tanah dan air (EPA, 2000). Tanaman air berperan sebagai aerator perairan melalui proses fotosintesis, mengatur aliran air, membersihkan aliran tercemar melalui proses sedimentasi serta penyerapan partikel dan mineral (L. Sari Indah *et al*, 2014).

Fitoremediasi menjadi pilihan yang menjanjikan, mengingat tidak membutuhkan biaya yang besar dan secara estetik mendukung upaya penghijauan lingkungan. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi kegiatan pembangunan di badan air, khususnya di perairan tambak, teknologi fitoremediasi dilakukan dengan memanfaatkan tanaman yang memiliki kemampuan menyimpan atau mengakumulasikan didalam selnya (fitoekstraksi) (Black, 1995) dan kemampuan metabolisme (fitodegradasi) bahan pencemar untuk kebutuhan energi dan pertumbuhan (Boyajian and Carriera, 1997).

2.3 Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

2.5.1 Gambaran Umum Tumbuhan Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Kiapu mempunyai banyak akar yang penuh dengan bulu-bulu akar yang halus, panjang, dan lebat. Bentuk dan ukuran daunnya sangat berubah-ubah, bisa menyerupai sendok, lidah atau rompong dengan ujung yang melebar. Warna daunnya hijau muda, makin ke pangkal makin putih. Panjang helai daunnya bisa mencapai 10-20 cm dan lebar 7 cm. Kiapu ditantai pula oleh susunan daunnya yang terpusat atau berbentuk hiasan mawar (*rosette*). Batang sangat pendek, bahkan terkadang tidak tampak sama sekali. Buahnya bila telah masak pecah sendiri serta bijihnya banyak (Fitri, 2013)

Kiapu tumbuh optimum pada suhu berkisar antara 20-30°C dan pH antara 6,0-7,5. Pertumbuhan dari tumbuhan ini cukup mudah, yaitu setelah cukup dewasa, dari ketiak daun muncul batang kecil yang tumbuh menjulur

dan pada ujungnya muncul anak kiapu. Anak kiapu ini memiliki akar sendiri dan akan tumbuh sebagai tumbuhan air baru (Widjaja, 2004).

2.5.2 Morfologi Tumbuhan Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Berdasarkan tempat habitatnya kiapu termasuk kelompok tanaman mengapung dan mengambang dengan ketinggian sekitar 5-10 cm. Akarnya banyak ditumbuhi buku-buku akar yang halus, panjang dan lebat. Bentuk daunnya berupa sendok, lidah atau rompong dengan ujung melebar. Ukuran daunnya 7-10 cm dengan lebar 2-5 cm. Daunnya berwarna hijau muda makin ke pangkal makin putih dengan bentuk roset serta tidak mudah basah. Karangan daunnya tiga-tiga, yang dua terapung dan berambut sedangkan yang lainnya masuk ke dalam air. Batangnya kecil dan bercabang, terletak sejajar dengan permukaan air.

2.5.3 Syarat Hidup Tumbuhan Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan kiapu adalah sebagai berikut (Layla R, 2008) :

1) Air

Ketersediaan air harus terjamin dan mencukupi selama pertumbuhan kiapu karena kiapu merupakan tumbuhan air yang tumbuh dan berkembang di atas permukaan air. Agar laju pertumbuhan, akumulasi biomassa dan konsentrasi N kiapu dapat meningkat, maka ketinggian air minimum 3-5 cm. Dapat hidup didaerah tropis pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat.

2) Unsur Hara

Unsur hara sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan kiapu, terutama unsur H, O, N, S, P, Ca, K, Mg, dan Fe.

3) Derajat Keasaman (pH) air

Kiapu dapat hidup dilahan yang mempunyai pH air 3,5-10. Agar pertumbuhan kiapu menjadi baik, pH air optimum berkisar antara 4,5-7.

4) Cahaya

Intensitas cahaya matahari dapat mempengaruhi pertumbuhan kiapu. Apabila cahaya matahari terhalang, pertumbuhan kiapu dapat terhambat.

5) Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor lingkungan penting bagi pertumbuhan kiapu. Temperatur optimum berkisar 20-30°C.

6) Kelembaban

Kelembaban relatif optimum yang dikehendaki untuk pertumbuhan kiapu antara 85%-90%. Kelembaban relatif dibawah 60% dapat menyebabkan daun kiapu mengering.

7) Angin

Populasi kiapu yang tumbuh di atas air akan mudah terdorong oleh angin yang keras dan berkumpul di ruang tertentu. Akibatnya kiapu menjadi padat. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya.

2.5.4 Fisiologi Tumbuhan Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

1) Proses Fotosintesis

Proses fotosintesis merupakan kemampuan tumbuhan untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk dirubah menjadi bahan organik serta diasimilasikan dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini hanya berlangsung jika ada cukup cahaya matahari. Pada proses fotosintesis, zat-zat organik H₂O dan CO₂ oleh klorofil diubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan sinar matahari.

2) Proses Transpirasi

Transpirasi adalah suatu proses penguapan air yang terjadi pada makhluk hidup terutama tumbuhan. Tumbuhan mutlak melakukan transpirasi, karena proses transpirasi selalu berkaitan dengan unsur hara. Dalam proses transpirasi ini terpengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor luar maupun faktor dalam.

Faktor dalam adalah besar kecilnya daun, tebal kecilnya daun berlapis lilin atau tidaknya permukaan daun, banyak sedikitnya

bulu pada permukaan daun, banyak sedikitnya stomata serta bentuk dan lokasi stomata. Sedangkan faktor-faktor luar seperti radiasi, temperatur, kebebasan udara, tekanan udara, angin dan keadaan air di dalam tanah.

3) Proses Respirasi

Respirasi yaitu proses pembongkaran dimana energi yang disimpan ditimbulkan kembali untuk menyelenggarakan proses-proses kehidupan.

4) Proses Pengangkutan Unsur Hara

Dalam proses pengangkutan unsur hara dilakukan dalam 2 tahap. Tahapan pertama adalah pengangkutan secara horizontal yang dilakukan oleh jaringan yang ada dalam tumbuhan. Jaringan tumbuhan yang melakukan pekerjaan tersebut adalah korteks, bulu-bulu akar akhirnya sampai di pembuluh kayu (*xylem*). Pengangkutan tahap kedua dilakukan secara vertikal yaitu pengangkutan unsur hara dari bawah ke atas. Dalam pengangkutan secara vertikal dikenal beberapa teori :

- a. Teori vitas merupakan teori yang mengemukakan bahwa pengangkutan unsur hara dan air dimulai dari bawah ke atas (secara vertikal) oleh tumbuhan yang bersangkutan dan dilakukan karena adanya pertolongan sel-sel hidup.
- b. Teori adhesi merupakan teori yang menyatakan bahwa air dan unsur-unsur hara dapat terangkut teratas karena adanya gaya tarik menarik antar molekul-molekul air yang terdapat pada tumbuhan tersebut.
- c. Teori kapileritas merupakan teori pengangkutan yang menyatakan bahwa air dan unsur hara yang terlarut didalamnya akan tersangkut ke atas dikarenakan adanya gaya tarik menarik antara molekul air yang terdapat pada dinding *xylem* tumbuhan (Layla R, 2008).

2.5.5 Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Tumbuhan Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Faktor-faktor lingkungan pokok yang mempengaruhi kiapu adalah klimatik, edatif, dan biotik (Layla R, 2008).

1) Faktor Klimatik

Faktor-faktor klimatik yang turut menentukan pertumbuhan, reproduksi dan distribusi gulma terdiri atas cahaya, temperatur dan aspek musiman.

2) Faktor Edatik

Faktor-faktor tanah yang ikut menentukan distribusi adalah kelembapan tanah aerasi, pH tanah dan unsur-unsur makanan dalam tanah tersebut. Tanaman kiapu lebih menyukai tempat berair.

3) Faktor Biotik

Tumbuhan dan hewan disekitar merupakan faktor-faktor biotik yang mempengaruhi pertumbuhan kiapu.

Karena merupakan tumbuhan air dan hidup di habitat yang berair, maka pada umumnya tidak ada kebutuhan untuk menyerap air dengan cara yang sama seperti terjadi pada tumbuhan darat. Kiapu dapat tumbuh pada kisaran temperatur 17-30°C dan pH 5-8.

Penyerapan unsur-unsur hara oleh kiapu dilakukan oleh bulu-bulu akar. Penyerapan terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi air pada media hidup dengan air pada jaringan tanaman.

Biasanya kiapu hidup disela-sela tanaman padi di sawah atau rawa-rawa di pulau Jawa, dari daratan rendah sampai pegunungan berketinggian sekitar 1600 meter di atas permukaan laut. Kadang-kadang kiapu ditanam dalam kolam ikan. Tanaman ini adakalanya digunakan sebagai pakan ternak seperti babi, itik, dan ikan. Akarnya digunakan sebagai obat pencahar dan daunnya dipakai sebagai obat disentri.

Kiapu mempunyai akar banyak dan dipenuhi bulu-bulu akar yang halus dan lebat. Akar tersebut menjadi media pertumbuhan bagi mikroorganisme rizhofera, sehingga demikian penanaman kiapu dapat

meningkatkan mikroorganisme yang berperan dalam penguraian bahan-bahan organik.

Daun-daun kiapu dapat menghalangi sinar matahari menembus permukaan air. Sehingga pertumbuhan masal alga dapat dicegah. Selain itu melalui proses fotosintesis daun-daun kiapu dapat menyumbang ke dalam air. Dengan demikian dengan adanya ruang kosong antar sel sebagai alat transportasi oksigen dari bagian atas ke bagian akar. Selanjutnya oksigen yang keluar dari daun dan perakaran tersebut akan merangsang kerja mikroorganisme.

2.5.6 Keunggulan Tumbuhan Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman kiapu mempunyai keunggulan seperti (Layla R, 2008) :

- 1) Daya berkecambah yang tinggi
- 2) Tahan terhadap gangguan tempat hidup
- 3) Pertumbuhan cepat
- 4) Tidak peka terhadap sinar matahari
- 5) Tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar
- 6) Daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim

2.5.7 Penelitian Sebelumnya Mengenai Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Air

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan penyerapan bahan organik yang terdapat dalam limbah cair dengan menggunakan tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*). Hasil dari beberapa penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Beberapa Jurnal dan Penelitian Mengenai Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kiapu (*Pistia Stratiotes*)

No	Judul Jurnal / Penelitian	Penulis	Nama Jurnal / Sumber Penelitian	Hasil Penelitian
1	The Effectiveness of Plant <i>Pistia</i>	Tri Joko, Hanan	International Journal of	Efektivitas penurunan Cr dengan waktu kontak oleh tanaman <i>Pistia stratiotes</i>

	<i>Stratiotes</i> Weight to Reduction of Heavy Metal Content Chromium (Cr) Waste at Batik Home Industry in Regency of Pekalongan	Lanang Dangiran, dan Nikie Astorina Yunita Dewanti	Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), ISSN 2307-4531	pada waktu kontak 2,4, dan 6 hari menunjukkan efektivitas penurunan terbesar rata-rata di waktu kontak 6 hari dalam jumlah 31,318 %. Konsentrasi awal Cr adalah 0,645 mg/L, sedangkan pada treatment pada waktu kontak 6 hari konsentrasi Cr adalah 0,202 mg/L.
2	Kemampuan Enceng Gondok (<i>Eichornia sp.</i>), Kangkung Air (<i>Ipomoea sp.</i>), dan Kayu Apu (<i>Pistia sp.</i>) Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium).	Lutfiana Sari Indah, Boedi Hendrarto, dan Prijadi Soedarsono.	DIPONEGORO JOURNAL OF MAQUARE S. MANAJEMEN OF AQUATIC RESOURCES Vol. 3, No. 1, Tahun 2014, Hal 1-6	Tanaman Kayu Apu mampu menyerap bahan organik pada media percobaan hingga 400±98.89 mg/L pada hari ke-28. Namun pada hari ke-14 kandungan bahan organik pada kayu apu mengalami peningkatan menjadi 664 mg/L. Hal ini diduga karena besarnya penyerapan bahan organik pada awal penelitian sehingga kayu apu mulai terlihat layu dan kemampuan untuk menyerap bahan organik mulai berkurang. Selanjutnya kayu apu mampu beradaptasi dengan baik yang dicirikan dengan menurunnya kandungan bahan organik dan munculnya tunas-tunas baru yang berasal dari stolonnya.
3	Penggunaan Tanaman Kayu Api (<i>Pistia Stratiotes</i>) Untuk Pengolahan Air Limbah Laundry Secara Fitoremediasi	Rido Wandana dan Rudy Laksmono	Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 5 No. 2	Konsentrasi mula-mula limbah laundry yaitu Fosfat: 7.40 mg/L, BOD: 119.40mg/L, COD: 225 mg/L. Rasio tanaman kayu apu terhadap air limbah laundry sangatlah berpengaruh pada efisiensi penyisihan bahan pencemar (fosfat, BOD, dan COD) yang terkandung pada air limbah laundry. Penyisihan parameter fosfat pada rasio tanaman kayu apu jumlah 6 tanaman pada hari ke – 8 dengan prosentase penyisihan sebesar 39,77 %. Penyisihan parameter BOD dan COD pada hari ke – 4 dengan prosentase penyisihan yang sama sebesar 78,87 % pada rasio tanaman kayu apu jumlah 6 tanaman.
4	Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Limbah Cair Laboratorium Lingkungan UII	Eko Siswoyo, Kasam, Dian Widyantika	Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan Vol. 1 No. 1 Januari 2009 ISSN :	<i>Constructed Wetland</i> dengan tumbuhan Eceng Gondok mampu menurunkan kadar Pb dalam air limbah laboratorium dengan tingkat efisiensi berbeda tergantung konsentrasi limbah yang dipergunakan. Pada konsentrasi limbah 25% dan 50% dengan input 0,01318

	dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>)		2085-1227	mg/l dan 0,0675 mg/l diperoleh output kurang dari 0,001 mg/l yang merupakan batas terendah pembacaan AAS yang dipergunakan. Pada konsentrasi air limbah 75% kemampuan penurunan mencapai 88,86% sedangkan pada konsentrasi limbah 100% tingkat penurunan yang terjadi hanya 17,31%. Peran tumbuhan Eceng gondok terlihat dari perbedaan tingkat efisiensi penurunan Pb yang terjadi antara reaktor dengan tumbuhan dibanding reaktor tanpa tumbuhan tersebut.
--	---	--	-----------	---

2.4 Wetland

Wetland atau lahan basah merupakan zona transisi antara tanah kering (terrestrial) dan sistem perairan. *Wetland* mempunyai ciri khusus dengan adanya air yang menggenangi daerah tersebut dan memiliki tanah yang berbeda dibandingkan daratan kering yang berdekatan dengan air, serta mendukung vegetasi yang dapat beradaptasi pada kondisi basah tergenang.

Menurut Hammer (1977) *wetland* didefinisikan sebagai sistem pengolahan air limbah yang memenuhi tiga faktor :

- 1) Area yang tergenang air dan mendukung hidupnya tumbuhan air
- 2) Media tempat tumbuh tumbuhan air, berupa tanah yang selalu tergenang air
- 3) Media tumbuh tumbuhan air bisa juga bukan tanah tetapi media jenuh dengan air

Pengolahan limbah dengan menggunakan *Constructed Wetland* memanfaatkan mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam areal tersebut. Dalam sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi, pengolahan kimia dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses fotosintesis, pengoksidasi dan *plan uptake* (Metcalf & Eddy, 1993 dalam Eko Siswyo dkk, 2009).

2.5 Alternatif Lain Untuk Pengolahan Air Limbah Tambak Udang *Vannamei*

2.5.1 Aerasi Hipolimnion

Menurut Novotny & Olem (1994), salah satu cara untuk mengatasi permasalahan rendahnya oksigen terlarut yang sering dijumpai pada lapisan hipolimnion adalah dengan aerasi lapisan hipolimnion secara langsung. Aerasi hipolimnion merupakan salah satu teknik restorasi untuk melancarkan aliran nutrien di danau. Aerasi ini mampu meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut di lapisan hipolimnion yang sering mengalami deplesi oksigen. Beberapa keuntungan dari aerasi hipolimnion di danau adalah mampu menurunkan konsentrasi racun seperti amonia, hidrogen sulfida, besi, dan mangan sehingga mampu mendukung kehidupan ikan di danau. Aerasi hipolimnion dapat mengurangi keberadaan nutrien dari dasar sedimen. Pengurangan nutrien di lapisan hipolimnion diyakini mampu mengurangi eutrofikasi di danau.

Aerasi hipolimnion dapat digunakan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut di lapisan hipolimnion tanpa merusak stratifikasi suhu di danau. Sebuah pipa digunakan untuk membawa air dari lapisan hipolimnion ke permukaan. Air tersebut melakukan kontak dengan udara luar sehingga gas-gas seperti metan, hidrogen sulfida, dan karbon dioksida yang terakumulasi saat kondisi anaerob lepas. Setelah itu, air dikembalikan ke lapisan hipolimnion. Aerator hipolimnion memerlukan lapisan hipolimnion yang luas untuk dapat bekerja dengan optimal dan umumnya tidak efektif di danau yang dangkal dan waduk (Novotny & Olem 1994).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan aerasi hipolimnion dalam menurunkan konsentrasi amonia (mg/l) pada beberapa perairan. Selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Penurunan Konsentrasi Amonia (mg/l) pada beberapa perairan setelah dilakukan aerasi hipolimnion

No	Perairan	Lokasi	Lama Aerasi	Sebelum Aerasi	Setelah Aerasi	Penurunan (%)	Pustaka
1	Black Lake	British Columbia	1 tahun 1978-1979	3,9	0,054	98,61	Ashley (1981)
2	Amisk Lake	Kanada	3 tahun 1990-1993	0,12	0,050	58,33	Prepas <i>et al.</i> (1997) in Boutel (2006)

No	Perairan	Lokasi	Lama Aerasi	Sebelum Aerasi	Setelah Aerasi	Penurunan (%)	Pustaka
3	Camanche Reservoir	California	4 tahun (1993-1997)	1,4	0,2	85,71	Jung <i>et al.</i> (1998) in Beutel (2006)
4	Hald Lake	Denmark	20 tahun 1985-2007 (kecuali 1998 dan 2006)	TD	TD	88	Liboriussen <i>et al.</i> (2009)
5	Vedsted Lake	Denmark	10 tahun 1995-2007 (Kecuali 2002 dan 2003)	TD	TD	48	Liboriussen <i>et al.</i> (2009)
6	Viborg Norreso Lake	Denmark	11 tahun 1996-2007	TD	TD	33	Liboriussen <i>et al.</i> (2009)
7	Torup Lake	Denmark	5 tahun 2002-2007	TD	TD	42	Liboriussen <i>et al.</i> (2009)

Sumber: Ayu Ervina, 2011

Keterangan:

TD : Tidak dijelaskan dalam jurnal

