

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah merupakan sisa dari kegiatan maupun usaha yang berbentuk cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri (industri). Air limbah atau yang lebih dikenal dengan air buangan ini adalah merupakan :

- a. Limbah cair atau buangan (waste water) adalah cairan buangan dari kegiatan rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung zat-zat berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan manusia.
- b. Kandungan cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersial, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan.

Air limbah berasal dari limbah dari kegiatan rumah tangga, limbah manusia dan hewan, air limbah industri, air limpasan hujan. Air limbah pada dasarnya merupakan aliran air bekas pakai dari suatu komunitas. Lin (2007)

Air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu dan dibuang secara terus menerus akan memberikan dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan, baik pada di daerah penghasil limbah maupun diluarnya. Contoh yang sering terjadi adalah tercemarnya daerah pantai karena bermuaranya sungai-sungai yang tercemar pada daerah tersebut. Selain limbah domestik juga meningkatnya jumlah industri akan meng-akibatkan akan semakin memperberat masalah lingkungan.

Ada tiga pola yang perlu diperhatikan yaitu:

- a. Pertumbuhan Sektor Industri. Dengan semakin mengandalkan sektor industri untuk menopang pertumbuhan ekonomi maka, nilai tambah dari “manufakturing” diperkirakan akan berlipat 13 kali dan limbah yang dihasilkan berlipat 10 kali.

- b. Distribusi spasial dari pertumbuhan industri tersebut. Industri akan lebih banyak berlokasi di propinsi yang padat di Jawa.
- c. Adanya pergeseran jenis industri dari sektor pengolahan bahan baku ke sektor assembling. Walaupun hal ini akan mengurangi intensitas polutan tradisional, tetapi polutan yang bersifat bioakumulatif dan toksis sebaliknya akan meningkat. Supriyatno (2000).

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5g/cm^3 , antara lain Cd, Hg, Pb, Zn, dan Ni. Logam berat Cd, Hg, dan Pb dinamakan sebagai logam non esensial dan pada tingkat tertentu menjadi logam beracun bagi makhluk hidup. Subowo (1999)

Logam berdasarkan toksisitasnya dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- a. Toksisitas tinggi, contohnya merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), arsen (As), tembaga (Cu), dan seng (Zn).
- b. Toksisitas sedang, contohnya kromium (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co).
- c. Toksisitas rendah, contohnya mangan (Mn) dan besi (Fe) (Darmono, 1995).

2.2. Amonia

Ammonia merupakan salah satu senyawa yang keberadaannya di alam diperlukan oleh makhluk hidup. Dalam jumlah besar, senyawa ini mempunyai sifat toksik dan dapat mengganggu estetika karena dapat menghasilkan bau yang menusuk Titiresmi dan Sopiah (1999). Biasanya, industri pengolahan makanan, pengolahan karet, tekstil, manufaktur kulit, pabrik pupuk, dan lain sebagainya menghasilkan tingkat amonia yang tinggi.

Menurut Widayat, Suprihatin & Herlambang (2010) pada konsentrasi 1 mg NH_3 /liter, beberapa jenis ikan akan mati lemas karena amonia dapat mengurangi konsentrasi oksigen dalam air. Untuk mengurangi konsentrasi amonia yang terkandung dalam buangan air limbah domestik baik segar maupun telah terolah, perlu adanya suatu pengolahan terlebih dahulu atau lebih lanjut sebelum dibuang ke perairan/badan air. Penurunan konsentrasi amonia dalam air limbah dapat

dilakukan dengan beberapa cara pengolahan, yaitu dengan pengolahan secara fisik/kimiawi, biologis, ataupun gabungan keduanya Sedlak (1991).

Penurunan amonia dengan pengolahan secara kimiawi dilakukan dengan cara menambah senyawa kimia ke dalam air limbah. Senyawa kimia yang paling sering digunakan adalah senyawa khlor atau kaporit Darmasetiawan (2004). Seiring dengan konsumsi khlor yang tinggi, biaya operasi pun menjadi tinggi serta dapat menimbulkan masalah baru. Senyawa khlor bersifat sangat reaktif, mudah bereaksi, dengan senyawa lain dan membentuk senyawa-senyawa baru yang bersifat toksik dan dapat menimbulkan efek karsinogen bagi manusia Hasan A. (2006).

2.3. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD atau Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air Boyd (1990).

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi dengan cara menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media asam. Metcalf and Eddy (1991)

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus reflux, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi APHA, 1989, Umaly dan Cuvin (1988).

Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang ada di perairan yang dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi (De Santo, 1978).

2.4. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik Umay dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy (1991).

Mays mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Mays (1996).

BOD adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. BOD merupakan parameter yang umum dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran bahan organik pada air limbah. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk mendesain sistem pengolahan secara biologis G. Alerts dan SS Santika (1987)

Dari pengertian-pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

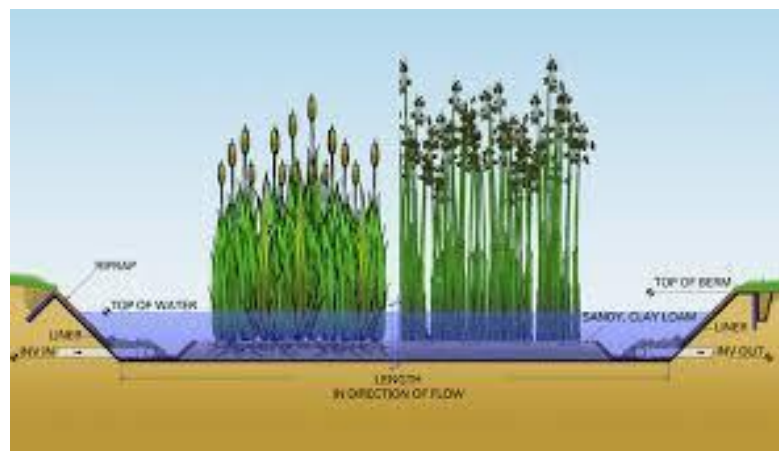
2.5. Constructed Wetlands

Rawa buatan (*Constructed Wetlands*) merupakan sebuah kompleks rancangan manusia yang terdiri dari substrat, tanaman, hewan, dan air yang meniru rawa alami untuk kegunaan dan keuntungan manusia Hammer (1989).

Constructed wetland merupakan suatu lahan basah buatan untuk mengolah limbah domestik atau limbah perindustrian, air bekas, dan air hujan serta dapat pula digunakan untuk reklamasi lahan pasca tambang. Constructed Wetlands adalah suatu rekayasa sistem pengolahan limbah yang dirancang dan dibangun dengan melibatkan tanaman air, tanah atau media lain, dan kumpulan mikroba terkait Greg, Young dan Brown (1998).

Pengolahan limbah Sistem *Constructed Wetlands* didefinisikan sebagai sistem pengolahan yang memasukkan faktor utama, yaitu :

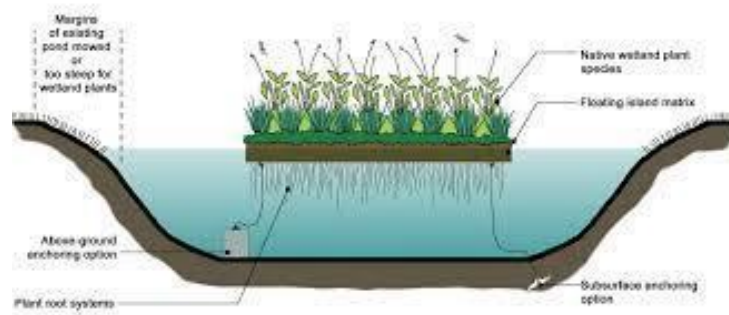
- a. Area yang tergenangi air dan mendukung kehidupan tumbuhan air sejenis hydrophyta.
- b. Media tempat tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air (basah).
- c. Media bisa juga bukan tanah, tetapi media yang jenuh dengan air. Hammer (1989).



Gambar 2.5.1 *Constructed Treatment Wetlands*

2.6. Floating Wetlands

Pengolahan *Floating Wetland* berbeda dari pengolahan lahan basah secara konvensional, dimana mikroba dan tumbuhan tumbuh di dalam platform mengambang, dan akar tumbuhan memanjang ke dalam air untuk mengambil nutrisi hidroponik. Sebaliknya, akar tanaman pada metode konvensional tumbuh ke dalam tanah dan tidak bersentuhan langsung dengan air yang kaya nutrisi. Akar dari tanaman yang mengambang juga menyediakan area tambahan untuk mendukung pertumbuhan mikroba Stewart, et al. (2008).



Gambar 2.6.1 *Floating Treatment Wetlands*

2.7 Rumput Vetiver

Tanaman Vetiver atau rumput akar wangi termasuk famili Graminae (*Poaceae*), merupakan tanaman berumpun lebat dan berakar serabut, seperti halnya tanaman jagung, tebu, serai (*Cymbopogon citratus*). Nama yang ditabalkan oleh Carolus Linneaus pada tahun 1771 adalah *Vetiveria zizanioides*. Kata *Vetiveria* diambil dari “vetiver” dalam bahasa Tamil artinya ‘akar yang digali’. Menurut para ahli, tumbuhan ini berasal dari India Utara, sekitar lokasi Bombay namun banyak variasi yang ditemukan tumbuh liar di wilayah tropis dan subtropis di seluruh India, *Bangladesh* dan *Myanmar*. Kata di belakangnya *zizanioides* artinya secara harfiah dalam bahasa Latin adalah ‘di pinggir sungai’ karena tumbuhan ini ditemukan di habitat aslinya sepanjang bedengan sungai, tanah paya dan rawa rawa. Vetiver Grass (2013).

Rumput vetiver pertama kali dikenali pada tahun 1995 karena memiliki sifat absorben yang kuat yang cocok untuk pembuangan air lindi dan limbah yang diperoleh dari landfill dan instalasi pengolahan air limbah di *Queensland, Australia*. Ilmuwan Tiongkok kemudian mengkonfirmasi hal ini pada tahun 1997 dan sejak saat itu telah berhasil digunakan di *Australia, Tiongkok, dan Thailand* Truong (2000). Vetiver yang mendapat cekaman pada kondisi tanah atau air yang mengandung logam berat, vetiver mampu untuk memproduksi senyawa-senyawa metabolik lebih banyak seperti Catalase (CAT), superoksida dismutase (SOD), Peroxidase (POD) sebagai enzim antioksidan untuk menangkal radikal bebas berupa active oxygen species (AOS), dan asam absisat (ABA) sebagai senyawa yang mengontrol pembukaan dan penutupan stomata Pang et.al., (2003).

2.8 Fitoremediasi

Kontaminasi pada tanah dan perairan diakibatkan oleh banyak penyebab termasuk limbah industri, limbah penambangan, residu pupuk, dan pestisida hingga bekas instalasi senjata kimia. Bentuk kontaminasi berupa berbagai unsur dan substansi kimia berbahaya yang mengganggu keseimbangan fisik, kimia, dan biologi tanah Wise (2000). Kontaminasi oleh logam berat seperti kadmium (Cd), seng (Zn), plumbum (Pb), kuprum (Cu), kobalt (Co), selenium (Se), dan nikel (Ni) menjadi perhatian serius karena dapat menjadi potensi polusi pada permukaan tanah maupun air tanah dan dapat menyebar ke daerah sekitarnya melalui air, angin, penyerapan oleh tumbuhan bioakumulasi pada rantai makanan Chaney et al., Knox et al. 2000). Hal itu dapat menimbulkan gangguan pada manusia, hewan, dan tumbuhan, misalnya penyakit pada manusia akibat pencemaran kadmium Nogawa et al. (1987) dan keracunan pada hewan ternak akibat kontaminasi selenium dan molibdenum Chaney et al. (1998).

Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Chaney et al. 1995).

Fitoremediasi adalah metode untuk mencuci limbah menggunakan tanaman. Pencucian ini dapat berupa penghancuran, inaktivasi maupun imobilisasi limbah ke bentuk yang tidak berbahaya. Kemampuan tumbuhan untuk menyerap limbah sangat bervariasi sehingga hanya tumbuhan yang memiliki sifat hiperakumulator pada logam berat spesifik yang digunakan untuk fitoremediasi. Hiperakumulator adalah kemampuan tanaman menyerap logam melalui akar, kemudian diakumulasi di dalam tubuhnya untuk diolah kembali atau dibuang saat panen. Sehingga tanaman dipanen secara berkala untuk kemudian dimusnahkan.

Ada beberapa strategi fitoremediasi yang sudah digunakan secara komersial maupun masih dalam taraf riset yaitu strategi berlandaskan pada kemampuan mengakumulasi kontaminan (*phytoextraction*) atau pada kemampuan menyerap dan mentranspirasi air dari dalam tanah (*creation of hydraulic barriers*).

Kemampuan akar menyerap kontaminan dari air tanah (*rhizofiltration*) dan kemampuan tumbuhan dalam memetabolisme kontaminan di dalam jaringan (*phytotransformation*) juga digunakan dalam strategi fitoremediasi. Fitoremediasi juga berlandaskan pada kemampuan tumbuhan dalam menstimulasi aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berasosiasi dengan akar (*phytostimulation*) dan imobilisasi kontaminan di dalam tanah oleh eksudat dari akar (*phytostabilization*) serta kemampuan tumbuhan dalam menyerap logam dari dalam tanah dalam jumlah besar dan secara ekonomis digunakan untuk meremediasi tanah yang bermasalah (*phytomining*) Chaney et al. (1995).

2.8.1 Jenis Tanaman Fitoremediasi

Ada beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi, antara lain adalah :

1. Lidah Mertua (*Sansiviera lorentii*)

Tanaman hias ini cukup populer dikalangan masyarakat yang sering digunakan para arsitek lanskap untuk mendesign taman rumah. Selain penghias tanaman ini memiliki keistimewaan seperti mampu bertahan pada rentang dan suhu yang sangat luas dan sangat resiten terhadap polutan.

Ada 107 jenis polutan atau racun yang mampu diserap tanaman ini termasuk racun monoksida (CO) sisa pembuangan kendaraan, nikotin dari asap rokok bahkan radiasi nuklir. Oleh karena itu sering digunakan sebagai indoor plant karena kemampuan menangkal radikal bebas yang disebabkan asap rokok dan radiasi barang elektronik dengan baik. Menurut riset ruangan seluas 100 m³ cukup diletakan 5 helai daun lidah mertua agar ruangan bebas polutan.

2. Bunga Matahari (*Heliantus annuus*)

Biji bunga matahari banyak dikenal masyarakat umum sebagai bahan baku makanan kecil kwaci. Di bidang industri digunakan sebagai bahan baku minyak. Seluruh bagian dari tanaman ini bisa jadi bahan obat bahkan terbukti dapat menetralsir efek radiasi dari limbah nuklir. Pernah dibuktikan ketika terjadi kebocoran reaktor nuklir di Chernobyl tahun 1986.

Dampak radiasi di perairan dapat dikurangi hingga 95% apabila bunga matahari ditanam di atas rakit yang mengambang. Polutan yang diserap diantaranya Arsen (As), Timah (Sn), uranium (U), strontium (Sr) dan Radosesium (^{134}CS). Uranium dan strontium menyebabkan mutasi genetik pada manusia. ^{134}CS merupakan salah satu bahan radioaktif dan merugikan manusia. Bunga matahari bisa menjadi rekomendasi yang tepat untuk menjadi tumbuhan fitoremediasi.

3. Sirih Belanda (*Scindapus aureus*)

Termasuk tanaman hias Indoor plant yang merambat. Mudah tumbuh dikembangbiakan sehingga mudah tumbuh dimana saja termasuk media pot. Menambah kesegaran pada ruangan dan pekarangan. Menyerap nikotin yang berasal dari asap rokok dan menurut penelitian para ahli daun tanaman ini mampu menyerap racun:

- formaldehida (CH_2O) sebesar 67% dari total 18 ppm
- Benzene (C_6H_6) sebesar 54% dari total 0,156 ppm
- Karbonmonoksida (CO) 75% dari total 113 ppm

Racun yang sudah diserap ditandai dengan daun yang menua. Jika begitu segera diambil agar tumbuh yang baru dan penyerapan racun terus berlanjut.

4. Bungur (*Lagerstroemia speciosa*) dan Mahoni (*Swietenia macrophylla*)

Kedua pohon ini sering dijadikan streetscape disekitar jalan raya kota kota besar. Selain membuat adem dan sejuk juga dikenal mengurangi polutan jalan raya. Polutan yang diserap adalah Timbal (Pb).

5. Anthurium

Tanaman hias indoor yang bunganya mekar cantik dan eksotis. Fungsinya sangat mengagumkan sebagai remediasi udara. Polutan yang diserap adalah Amonia (NH_3) dan aseton ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$).

6. Kangkung Darat (*Ipomea reptans*)

Kangkung terkenal dengan sayuran konsumsi yang dibudidayakan namun itu jenis kangkung air sedangkan jenis kangkung darat pada dasarnya tanaman liar. Kandungan karotena, hentriakontan dan sitosterol berfungsi sebagai antiinflmasi, diuretik, hemostatic. Polutan yang diserap adalah tembaga (Cu).

Semakin lama usia panen kangkung kandungan Cu semakin besar. Bahaya yang ditimbulkan apabila masuk dalam tubuh kita menyebabkan penyakit hepatic cirrhosis yaitu kerusakan pada otak dan terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu pada kornea mata.

7. Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)

Habitat tanaman ini pada lahan kering. Banyak ditemukan di pinggir jalan dan menjadi alternatif biodissel. Polutan yang diserap:

- Nikel (Ni)
- Remediasi tanah tercemar Timbel (Pb) dan cadmium (Cd) dalam tanah sebesar 50mg/kg
- Survive pada tanah yang terkontaminasi Arsenik (As), Cromium (Cr) dan seng (Zn)