

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PT. Kereta Api Indonesia Yogyakarta

PT Kereta Api Indonesia (PT. KAI) adalah Badan Usaha Milik Negara yang menyediakan, mengatur, dan mengurus jasa angkutan kereta api di Indonesia. PT.KAI dalam proses pemeliharaan kereta apinya tidak luput pula dengan hasil limbah yang dapat berpotensi mencemari lingkungan. Limbah-limbah ini ditangani secara khusus oleh UPT Balai Yasa Yogyakarta. UPT Balai Yasa Yogyakarta adalah industri yang melakukan perawatan (*maintenance*) lokomotif diesel dan kereta rel diesel (KRD) yang beroperasi di Pulau Jawa. Perawatan dilakukan untuk menjaga kehandalan sistem lokomotif maupun kereta sehingga sistem tersebut dapat beroperasi secara optimal (Kusumadika, 2017). Jenis limbah yang dihasilkan yaitu oli bekas, oli pendingin bekas, oli bekas pencucian mesin, kaleng bekas (kaleng cat, thinner, drum), aki bekas, dan sebagainya. Limbah di PT. KAI mengandung berbagai logam berat seperti Pb, Cu, Hg, dan Fe dan logam-logam lainnya yang menyebabkan polusi dan membahayakan sumber daya alam.

2.2 Wetland (Sistem Lahan Basah)

Wetland atau lahan basah merupakan zona transisi antara tanah kering (*terrestrial*) dan sistem perairan. *Wetland* didefinisikan sebagai sistem pengolahan air limbah yang memenuhi 3 faktor :

- 1) Area yang tergenang air dapat 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 (Hammer, 1977).

Wetland atau lahan basah merupakan salah satu alternatif sistem pengolahan limbah yang sederhana dengan memanfaatkan tumbuhan air yang membantu dalam proses pemulihan kembali secara alamiah (*self purification*). Pada dasarnya terdapat dua jenis *wetland* yang dibedakan berdasarkan prinsip kerjanya yaitu *natural wetland* dan *constructed wetland*. *Natural wetland* merupakan sistem pengolahan limbah yang sudah ada atau terbentuk dengan sendirinya secara

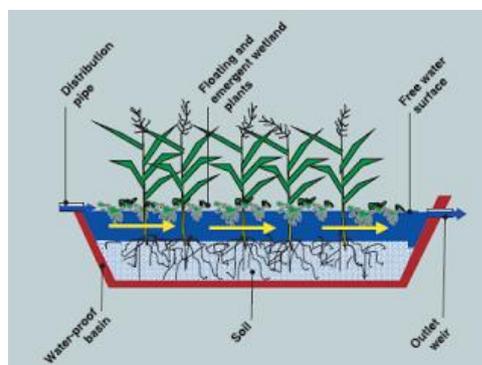
alamiah, contohnya daerah rawa. Sedangkan *constructed wetland* merupakan sistem pengolahan yang direncanakan untuk mengurangi beban pencemar yang ada di dalam air limbah (Vymazal et al, 1998).

Teknologi *constructed wetland* merupakan sistem pengolahan terencana yang telah didesain dan dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah. Pengolahan limbah dengan *constructed wetland* memanfaatkan aktifitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman dalam area tersebut (Metcalf et al, 1993).

Tipe-tipe *constructed wetland* :

a. *Free Water Surface (FWS)*

Instalasi pengolahan limbah dengan pola aliran permukaan atau *free water surface constructed wetland* (FWS) terdiri kolam atau saluran dengan menggunakan tanah atau medium untuk mendukung perakaran tumbuhan dan air. Menurut Zhang et al. (2015), memperoleh rata-rata removal menggunakan sistem FTWs dengan tanaman vetiver dapat mengurangi presentasi kandungan TSS (78,07%), BOD₅ (77,10%), COD (77,32%), dan NH₄ (65,38%).



Gambar 2.1 *Free Water Surface Wetland*

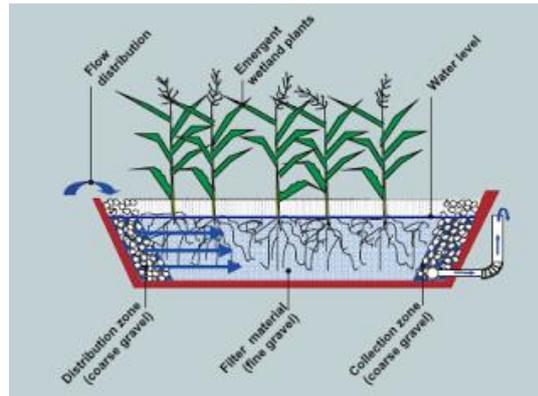
Sumber : Gauss, 2008

b. *Sub-surface Flow Constructed Wetlands (SFF CWs)*

Sub-surface Flow merupakan *wetland* dengan aliran di bawah permukaan tanah. Limbah mengalir secara perlahan melalui tanaman yang ditanam pada media pori seperti batu, kerikil, dan tanah. Pada sistem ini, tanaman melalui akar (rhizoma) akan mentransfer oksigen ke dalam media *subsurface* dan menciptakan

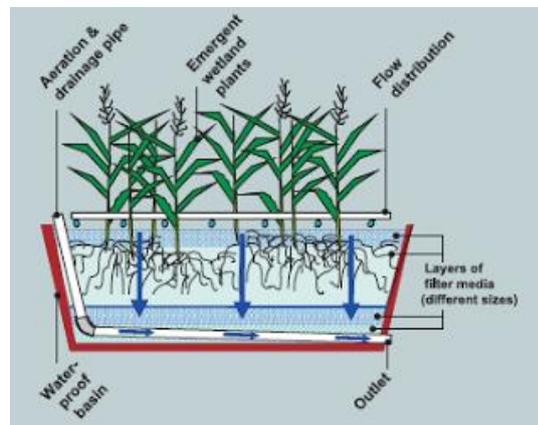
kondisi aerobik. Terdapat 2 macam *Sub-surface Flow*, *Horizontal Sub-surface Flow* dan *Vertical Sub-surface Flow* (Cooper, 1996).

Menurut Zhang et al. (2015), memperoleh rata-rata removal menggunakan sistem FTWs dengan tanaman vetiver dapat mengurangi presentasi kandungan TSS (82,58%), BOD₅ (78,32%), NH₄ (62,57%), dan COD (70,64%).



Gambar 2.2 *Horizontal Sub-surface Flow Wetland*

Sumber : Gauss, 2008



Gambar 2.3 *Vertical Sub-surface Flow Wetland*

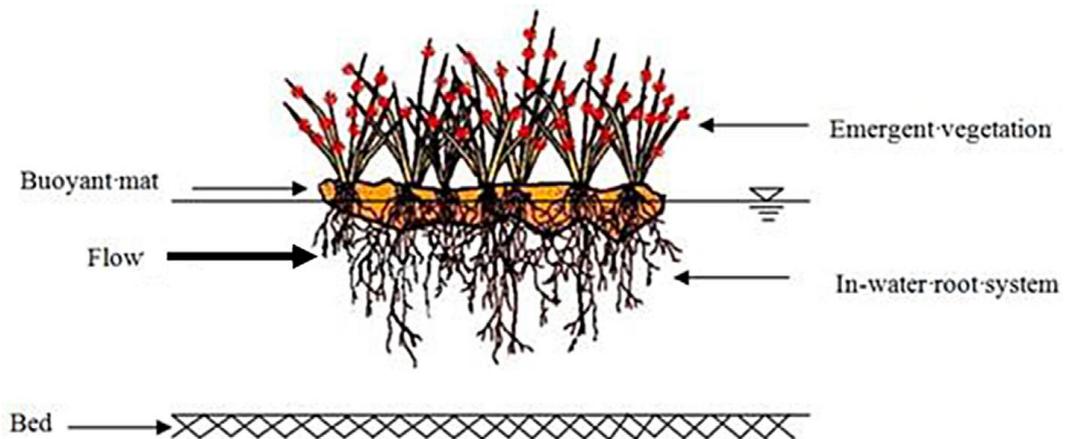
Sumber : Gauss, 2008

c. *Floating Constructed Wetlands (FTWs)*

Floating Constructed Wetlands (FTWs) adalah sistem yang menggunakan tanaman makrophyta mengambang atau sering disebut dengan sistem Tanaman Air Mengambang (*Floating Aquatic Plant System*) yang termasuk dalam varian *constructed wetland*. FTW terdiri dari vegetasi yang muncul yang terbentuk dengan apung infrastruktur, mengapung di perairan permukaan. Bagian atas tumbuh

vegetasi dan tetap berada di atas tuas air, sedangkan akar membentang di kolom air, mengembangkan luas di bawah sistem akar air. Dengan demikian, vegetasinya tumbuh secara hidroponik, menghasilkan serapan hara langsung dari kolom air (Pavlineri et al, 2017)

Menurut Zhang et al. (2015), memperoleh rata-rata removal menggunakan sistem FTWs dengan tanaman vetiver dapat mengurangi presentasi kandungan BOD₅ (70,73%), COD (55,2%), TSS (46,6%), NH₄ (63,58%), dan TP (44,8%).



Gambar 2.4 Floating Constructed Wetland

Sumber : Pavlineri et al, 2017

2.3 Parameter dan Baku Mutu Kualitas Air Limbah

Pencemaran lingkungan dapat diukur dengan parameter kualitas limbah. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran yang sudah terjadi di lingkungan. Parameter kimia kualitas air yang perlu diketahui dalam penelitian ini antara lain adalah BOD, COD, *Oil and Grease* dan *Oil Content*.

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri pengurai untuk menguraikan bahan pencemar organik dalam air. Makin besar konsentrasi BOD suatu perairan, menunjukkan konstreasi bahan organik di dalam air juga tinggi. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik secara kimia. Angka COD yang tinggi, mengindikasikan semakin besar tingkat pencemaran yang terjadi. Nilai baku mutu air limbah terhadap parameter COD dan

BOD yang diperbolehkan menurut Baku Mutu Air Limbah Pergub DIY Nomer 7 Tahun 2010 adalah sebesar 125 mg/L dan 50 mg/L.

Minyak dan lemak (*Oil and Grease*) dan *Oil Content* mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air yang akan menyebabkan perairan tersebut tercemar, selain itu juga merupakan bahan organik yang bersifat tetap dan sukar diuraikan oleh bakteri. Kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air kerana fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat oleh lapisan minyak. Baku mutu yang mengatur batasan maksimal konsentrasi minyak dan lemak yang diperbolehkan untuk air limbah yaitu sebesar 2 mg/L (Hardiana, dkk, 2014).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, Mutu air adalah kondisi kualitas air yang dikur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan. Sementara baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air.

2.4 Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

2.4.1 Gambaran umum Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) adalah spesies rumput yang dikenal dengan nama umum seperti *para grass* dan *buffalo grass*. Tanaman Kolonjono ini berasal dari Afrika utara, Afrika tengah dan sebagian Timur Tengah, di mana ia dibudidayakan untuk makanan ternak karena kandungannya yang sangat bernutrisi karena mengandung protein kasar 10,2% dan serat kasar 23,6% di rumput segar. Tanaman Kolonjono dipilih diantara beberapa tanaman yang dapat bertahan dan tumbuh dalam kondisi lingkungan yang keras di Pakistan. Rumput abadi ini memiliki panjang stolon kasar yang dapat tumbuh hingga 5 meter. Rumput Kolonjono ini digunakan secara luas di seluruh dunia untuk mendapatkan fitoremediasi tanah yang terkontaminasi (Khan, 2018).



Gambar 2.5 Rumpun Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

2.4.2 Klasifikasi Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

Berikut ini merupakan klasifikasi tanaman Kolonjono yaitu:

Kingdom	: Plantae
Phylum	: Spermathophyta
Sub Phylum	: Angiospermae
Classis	: Monocotyledoneae
Ordo	: Glumiflora
Familia	: Graminae
Genus	: Brachiaria
Species	: <i>Brachiaria mutica</i>
Nama lokal	: Rumpun Kolonjono

2.4.3 Morfologi Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

- Akar serabut (*radix adventica*), keluar dari pangkal batang, jumlahnya banyak dan hampir sama besar, memiliki banyak rambut-rambut halus.
- Bagian terbawah tumbuh menjalar atau terapung, membentuk cabang dengan panjang 100-400 cm, bagian teratas tumbuh tegak. Batang yang tua

keras dan berongga, tidak berambut, ditutupi lapisan lilin putih, buku-buku batang ditumbuhi rambut halus yang panjang.

- Helai daun tegar, berbentuk garis atau garis lanset, permukaan daun berambut jarang dengan ujung runcing. Warna helai daun hijau muda sedangkan tepinya merah ungu. Ukuran panjangnya 10-30 cm dan lebarnya 5-25 mm (Tjitrosoepomo, 2001).

2.4.4 Syarat Hidup Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

Tanaman ini tumbuh paling baik pada tanah yang basah dan tahan terhadap genang air, tetapi tumbuhnya akan terhambat pada musim kemarau. Tanaman Kolonjono dapat hidup pada ketinggian 0 - 1.000 m dengan curah hujan lebih dari 1.000 mm/tahun. Tanaman ini tahan genangan air, tahan terhadap tanah asam, atau netral, tetapi tak tahan terhadap tanah asin (Khan, 2018).

2.4.5 Keunggulan Tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*)

Rumput Kolonjono mempunyai keunggulan seperti :

- Dapat bertahan hidup dalam jangka panjang
- Penyebaran dan pertumbuhan cepat
- Mudah beradaptasi dengan media
- Pemeliharaan dan budidaya tergolong mudah
- Sebagai pakan ternak ruminansia
- Daya tahan hidup terhadap iklim sangat bagus.

2.4.6 Penelitian Sebelumnya Mengenai *Floating Treatment Wetland*

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan penyerapan bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam limbah cair menggunakan metode *Floating Treatment Wetlands*. Hasil dari beberapa penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Beberapa Jurnal Mengenai Pengolahan Limbah Menggunakan *Floating Treatment Wetland*

No	Judul Jurnal / Penelitian	Penulis	Nama Jurnal / Sumber Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian
1.	<i>Crude oil spilled water treatment with Vetiveria zizanioides in floating wetland</i>	Hefni Effendi, Ani Munawaroh, Inna Puspa Ayu	<i>Egyptian Journal of Aquatic Reasearch</i>	2017	Selama penelitian yang dilakukan selama 4 minggu, <i>Vetiver zizanioides</i> bisa mengurangi kadar minyak dan lemak sebesar 91,39%, 84,60% COD, dan 84,25% BOD dengan waktu optimalnya pada saat minggu ketiga.
2.	<i>Inoculation with bacteria in floating treatment wetlands positively modulates the phytoremediation of oil field wastewater</i>	Khadeeja Rehman, Asma Imran, Imran Amin, Muhammad Faizal	<i>Journal of Hazardous Materials</i>	2018	Pada penelitian ini didapati dengan mengkombinasikan tanaman dan bakteri dapat meningkatkan keberhasilan dalam <i>removal</i> pencemar. Dengan tingkat keberhasilan tertinggi, <i>P. australis</i> bisa mengurangi kadar minyak sebesar 97%, 93% COD, dan 97% BOD pada air limbah.
3.	<i>Enchanced remediation of sewerage effluent by endophyte-assisted floating treatment wetlands</i>	Amna Ijaz, Ghulam Shabir, Qaiser M. Khan,	<i>Ecological Engineering</i>	2015	Pada penelitian ini didapati dengan mengkombinasikan tanaman dan bakteri dapat meningkatkan keberhasilan dalam <i>removal</i> pencemar. Dengan menggunakan tanaman <i>Brachiria mutica</i> bisa mengurangi kadar N 67,4% dan Fe 85%. Tanaman <i>B. mutica</i> juga

		Muhammad Afzal			dapat bertahan hidup di wilayah ekstrim yang banyak zak pencemarnya.
4.	<i>Modeling BOD and COD removal from Palm Oil Secondary Effluent in floating wetland by Chrysopogon zizanioides (L.) using response surface methodology</i>	Nagisa Darajeh, Azni Idris, Hamid Reza, Abolfazl Nourani, Paul Truong, Nor Asrina Sairi	<i>Journal of Environmental Management</i>	2016	Pada penelitian ini dengan menggunakan tanaman <i>Chrysopogon Zizanioides</i> dapat mengurangi kandungan BOD sebesar 96% dan kandungan COD sebesar 94% pada air limbah dengan waktu optimalnya pada minggu ke 4 dengan menggunakan tanaman sebanyak 30 batang.

