

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Biologi Kayu Putih

Tanaman kayu putih dipustakakan dengan nama ilmiah *Melaleuca leucadendron linn* awalnya tumbuh liar di padang rumput daerah dengan cuaca panas. Ada yang sengaja dibudidayakan sebagai obat. Bentuk daunnya lonjong, mirip ujung tombak. Kulit batangnya berwarna putih, buahnya berbentuk kotak, bijinya halus seperti sekam. Pohon dapat mencapai ketinggian 35 meter, batang bulat panjang, agak lurus, lebih kurang 60% bebas cabang. Pohon ini mudah dikenal dari kelupas kulit yang memanjang dan daun yang berbau kayu putih (Lutony & Rahmawati, 1999).



**Gambar 2.1** Tanaman Minyak Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendron Linn*)

Tumbuhan minyak kayu putih mempunyai daun yang mengandung minyak atsiri sebesar 0,5-1,5%. Dalam sistem tatanama tumbuhan, tanaman minyak kayu putih diklasifikasikan sebagai berikut :

Divisi : *Spermatophyte*  
Sub Divisi : *Angiospermae*  
Kelas : *Dicotyledone*  
Sub Kelas : *Dialipetalae*  
Ordo : *Myrtales*

Famili : *Myrtaceae*  
 Genus : *Melaleuca*  
 Spesies : *Melaleuca leucadendron linn*

Menurut Sastrohamidjojo (2004), komponen kimia minyak kayu putih adalah sineol dengan rumus molekul  $C_{10}H_{18}O$ . Sineol dikenal berbagai macam nama yaitu *cajapat hydrate*, cajuputol, cajeputol. Komposisi utama minyak kayu putih dapat dilihat dalam tabel 2.1 :

**Tabel 2.1** Komposisi Minyak Kayu Putih

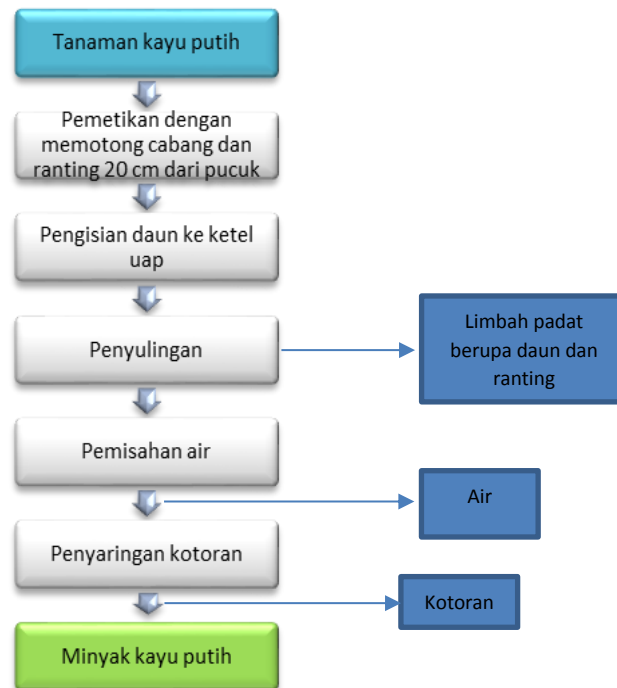
Kandungan	Kadar
Eukaliptol (1,8-Cineol)	50-60%
$\alpha$ -terpineol	40%
Ester asetat	
$\alpha$ -pinen	
Limonene	

Sumber : Sastrohamidjojo (2004)

## 2.2. Proses Produksi Minyak Kayu Putih

Salah satu proses produksi minyak atsiri adalah dengan teknik penyulingan. Penyulingan merupakan proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri atas dua cairan atau lebih berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponen senyawa tersebut. Menurut Sastrohamidjojo (2004), pada dasarnya terdapat dua jenis penyulingan berdasarkan terbentuknya fasa, yaitu :

1. Penyulingan suatu campuran yang terwujud cairan yang tidak saling bercampur, hingga membentuk dua fasa. Penyulingan ini dilakukan dengan uap air disebut hidrodstilasi.
2. Penyulingan suatu cairan yang tercampur sempurna hingga hanya terbentuk satu fasa. Pada keadaan ini pemisahan minyak atsiri menjadi beberapa komponennya yang disebut fraksinasi, tanpa menggunakan uap air.



Sumber : Hambali et al. (2011)

**Gambar 2.2** Diagram Alur Proses Pengolahan Minyak Kayu Putih

Menurut Guenther (1987), berdasarkan metodenya penyulingan dalam industri minyak atsiri dikenal ada 3 macam, yaitu :

1. Penyulingan dengan air (*water destilation*)

Pada metode ini, bahan yang akan disuling kontak langsung dengan air mendidih. Bahan yang akan disuling mengapung atau terendam keseluruhan tergantung dari berat jenis dan kuantitas. Air dipanaskan dengan pemanasan yang biasa dilakukan, yaitu dengan panas langsung, mantel uap, pipa uap melingkar tertutup, atau dengan memakai pipa uap terbuka atau berlubang.

2. Penyulingan dengan air dan uap

Pada metode ini, penyulingan dilakukan dengan meletakkan bahan pada rak-rak atau saringan berlubang. Ketel suling diisi dengan air sampai permukaan air berada tidak jauh dibawah saringan. Ciri dari metode ini adalah uap selalu dalam keadaan basah, jenuh, dan tidak terlalu panas, bahan yang disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak dengan air panas.

### 3. Penyulingan dengan uap

Metode ini disebut dengan penyulingan uap atau penyulingan uap langsung. Dalam metode ini uap air dialirkan ke dalam ketel. Uap yang digunakan adalah uap jenuh yang memiliki tekanan lebih besar daripada tekanan atmosfer.

Pada proses pengolahan minyak atsiri dengan metode hidrodestilasi menghasilkan dua fasa cairan (heterogen) pada umumnya berlaku untuk bahan-bahan yang terhidrolisa dengan air pada suhu tinggi (Guenther, 1987). Dalam proses pemisahan minyak dan air akan terpisahkan secara sempurna dari cairan yang terkondensasikan. Dimana volume air lebih besar dari volume minyak yang dihasilkan, maka air tersebut harus dikeluarkan secara terus menerus. Kondensat mengalir dari pendingin ke dalam alat pemisah, minyak atsiri dan air akan terpisah dengan sendirinya karena perbedaan berat jenis (Sastrohamidjojo, 2004).

## 2.3. Limbah Cair Penyulingan Minyak Kayu Putih

### 2.3.1. Kualitas Limbah Cair Penyulingan Minyak Kayu Putih

Air limbah hasil penyulingan minyak kayu putih yang dibuang langsung ke lingkungan harus memenuhi standar baku mutu air limbah cair sesuai Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Kegiatan Industri Minyak Kayu Putih. 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 2.2.

**Tabel 2.2** Baku Mutu Air Limbah bagi Kegiatan Industri Minyak Kayu Putih

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (kg/ton)
BOD <sub>5</sub>	50	0,25
COD	125	0,625
TDS	2.000	10
TSS	50	0,25
Detergen	5	0,025
Suhu	± 3 <sup>0</sup> C terhadap suhu udara	
pH	6,0 - 9,0	
Debit Limbah Paling Banyak (m <sup>3</sup> /Ton produk)	5	

Sumber : Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Kegiatan Industri Minyak Kayu Putih.

### **2.3.2. Parameter Kimia Limbah Cair Penyulingan Minyak Kayu Putih**

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air. COD dapat dijadikan parameter untuk menggambarkan banyaknya senyawa organaik yang dioksidasi secara kimia. Dalam limbah cair penyulingan minyak kayu putih, kadar COD dipengaruhi oleh konsentrasi dari bahan organik yang terdapat di dalamnya. Semakin kecil konsentrasi bahan organik di dalam air limbah, maka akan semakin berkurang juga kadar COD di dalamnya. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan secara tepat untuk dapat mengurangi kadar COD dalam air limbah secara kualitas dan kuantitas (Metcalf and Eddy, 1991). BOD merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh aerobik melalui proses biologis (*biological oxidation*) secara dekomposisi aerobik. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat yang tersuspensi di dalam air (Kristanto, 2002). BOD dan COD merupakan parameter baku mutu air limbah dari hampir semua kegiatan. Dalam sebuah pengukuran kualitas air limbah, biasanya tidak hanya COD dan BOD yang diukur, tetapi juga bersamaan dengan parameter lain yang berperan dalam penentuan tingkat pencemaraan perairan (Situmorang, 2007).

Limbah cair dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga dapat mengakibatkan gangguan dalam proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah adalah netral (pH 7). Semakin kecil nilai pH nya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 2008). Tingkat keasaman pada limbah cair penyulingan minyak kayu putih dapat berubah disebabkan oleh hadirnya senyawa kimia buangan ke dalam air. Pada umumnya *biota aquatic* sangat sensitif terhadap perubahan pH air (Situmorang, 2007).

Selain BOD, COD dan nilai pH, Minyak dan Lemak Total juga menjadi parameter penentu pencemaran pada limbah cair penyulingan minyak kayu putih. Minyak dan Lemak Total dapat mempengaruhi aktifitas mikroba dan merupakan pelapisan permukaan cairan limbah sehingga menghambat proses oksidasi pada kondisi aerobik. Minyak tersebut dapat dihilangkan saat proses netralisasi dengan

penambahan NaOH yang selanjutnya membentuk sabun berbusa yang sering mengapung dipermukaan dan bercampur dengan benda-benda lain pada permukaan air limbah (Naibaho, 1996). Minyak mengandung senyawa volatil yang mudah menguap dan mengandung sisa minyak yang tidak dapat menguap. Karena minyak tidak dapat larut dalam air, maka sebagian sisa minyak akan tetap mengapung di air, sebagian dapat terdampar ke tepi air dan sebagian juga dapat membentuk lumpur yang sulit terurai. Minyak yang menutupi permukaan air akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Selain itu, lapisan minyak juga dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan rantai makanan di dalam air (Nugroho, 2006).

### **2.3.3. Pencemaran Limbah Cair Penyulingan Minyak Kayu Putih**

Minyak kayu putih dihasilkan dari proses ekstraksi daun kayu putih. Proses produksi minyak kayu putih di Pabrik Sendang Mole dilakukan dengan teknik penyulingan menggunakan metode penyulingan uap langsung. Dari proses penyulingan ini uap hasil penyulingan dialirkan melalui pipa ke kondensor. Uap hasil penyulingan akan mengalami kondensasi, sehingga uap berubah dari fase gas menjadi fase cair. Cairan tersebut merupakan campuran dari minyak atsiri dengan air. Cairan hasil kondensasi kemudian dialirkan ke dalam separator untuk dipisahkan dan diambil minyak atsirinya. Cairan hasil proses separasi inilah yang merupakan limbah cair minyak kayu putih, yang tidak digunakan lagi dan dibuang di lingkungan. Dalam limbah cair minyak kayu putih masih mengandung beberapa senyawa kimia dan organik yang terlarut dalam cairan, termasuk minyak atsiri tersebut yang tidak terpisah secara sempurna pada proses separasi (Sri Sejati, 2013).

Terdapat sebuah penelitian terkait pengukuran beban pencemaran maksimum limbah cair pada stasiun penyulingan minyak kayu putih di Sendang Mole Playen Gunung Kidul Yogyakarta yang dilakukan Sri Sejati pada tahun 2013. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran Beban Pencemaran Maksimum (BPM) limbah cair minyak kayu putih untuk parameter pH, BOD, COD serta TSS. Dari hasil penelitian juga dilakukan pengukuran Beban Pencemaran Sebenarnya (BPS), jika nilai BPS lebih tinggi dari nilai BPM maka limbah tersebut tidak terkendali. Dari

hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada limbah cair penyulingan minyak kayu putih, nilai parameter BOD dan COD melebihi nilai BPM (Beban Pencemaran Maksimum), sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah cair penyulingan minyak kayu putih bersifat tidak terkendali.

#### **2.3.4. Dampak Negatif Limbah Cair Penyulingan Minyak Kayu Putih**

a. Terhadap kesehatan Manusia

Limbah cair penyulingan minyak kayu putih yang tidak dilakukan pengolahan dapat menimbulkan berbagai macam penyakit bagi manusia. Dampak ini terjadi karena adanya mikroorganisme patogen di dalam limbah yang dipicu oleh adanya bahan pencemar organik dalam jumlah besar, seperti COD dan BOD.

b. Terhadap Lingkungan

Dampak negatif limbah cair penyulingan minyak kayu putih terhadap lingkungan adalah kaitannya dengan kehidupan burung air atau hewan atau tanaman air di sekitarnya. Komponen limbah cair yang tidak diolah terlebih dahulu dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalamnya. Hal ini dapat menyebabkan penghambatan pengambilan oksigen dalam air, akibatnya oksigen sebagai sumber kehidupan makhluk hidup di dalam air tidak dapat terpenuhi sehingga biota-biota di dalam air tersebut dapat mengalami kematian.

#### **2.4. Fitoremediasi**

Fitoremediasi adalah sebuah teknologi yang menggunakan berbagai tanaman untuk menurunkan, mengekstrak atau menghilangkan kontaminan dari tanah dan air (EPA,2012). Konsep mengolah air limbah dengan menggunakan media tanaman atau lebih populer disebut fitoremediasi telah lama dikenal oleh manusia, bahkan digunakan juga untuk mengolah limbah Bahan Bercun Berbahaya (B3) atau limbah radioaktif (Subroto, 1996). Fitoremediasi dapat dilakukan secara *in situ* (langsung ditempat terjadinya pencemaran) maupun *ex situ* atau menggunakan kolam buatan yang merupakan bioreaktor besar untuk penanganan air limbah. Proses fitoremediasi tidak membutuhkan biaya besar dan secara estetis dapat mendukung

upaya penghijauan lingkungan, sehingga fitoremediasi menjadi pilihan yang tepat pada pengolahan limbah (Subroto, 1996).

Tanaman dapat digunakan secara langsung dalam bentuk alaminya lengkap terdiri dari akar, batang dan daun, maupun dalam bentuk kultur jaringan tanaman. Pada dasarnya proses yang terjadi pada fitoremediasi ini sangat alami artinya mikroorganisme dan tanaman membentuk ekosistem sendiri untuk berhadapan dengan jenis polutan yang masuk, jadi tingkat adaptasi atau akomodasi terhadap zat dan kadar pencemaran sangat baik (Subroto, 1996). Dalam fitoremediasi, terdapat beberapa proses seperti fitoekstraksi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi, fitotransformasi dan fitostabilisasi. Dalam proses fitoekstraksi, tumbuhan menyerap pencemar dari tanah dan air, dan menranslokasi dan menyimpan pencemar tersebut dalam biomassa. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan pencemar dari tempat tercemar. Fitostabilisasi mereduksi mobilitas dan fitoavailabilitas pencemar di lingkungan. Fitovolatilisasi berkaitan dengan fitoekstraksi, diikuti dengan proses volatilisasi ke udara. Proses fitotransformasi merupakan salah satu mekanisme pertahanan tumbuhan terhadap pencemar. Tumbuhan memodifikasi, menginaktivasi, mendegradasi atau mengimmobilisasi pencemar melalui proses metabolisme (Rahman and Hasegawa, 2011).

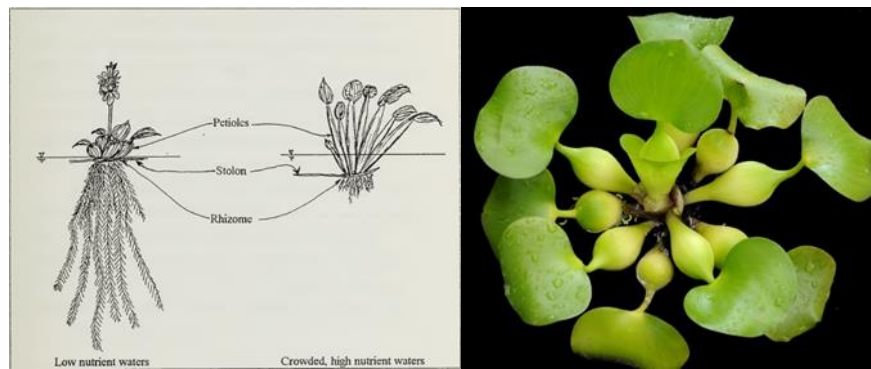
## **2.5. Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)**

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Anglopermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledoneae</i>
Suku	: <i>Pontederiaceae</i>
Marga	: <i>Eichhornia</i>
Jenis	: <i>Eichhornia crassipes</i>

Eceng gondok atau enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang mengapung. Tinggi tumbuhan ini sekitar 0,4-0,8 meter. Tidak mempunyai batang dan memiliki daun tunggal dan berbentuk oval. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Buahnya kotak beruang tiga dan memiliki warna hijau. Secara fisilogis, tumbuhan enceng gondok dapat berperan secara tidak langsung dalam mengatasi bahan pencemar perairan karena memiliki



kecepatan tumbuh. Kecepatan pertumbuhan eceng gondok sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti unsur hara, cahaya, kedalaman air, salinitas dan pH (Retno, 2011).



Sumber : Bruce (1992)

**Gambar 2.3** Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassiper*)

Orang lebih banyak mengenal tumbuhan ini adalah tumbuhan pengganggu (gulma) diperairan karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Awalnya didatangkan ke Indonesia pada tahun 1894 dari Brazil untuk koleksi Kebun Raya Bogor dan dengan cepat menyebar ke beberapa perairan di Pulau Jawa. Dalam perkembangannya, tumbuhan keluarga *Pontederiaceae* ini justru mendatangkan manfaat lain, yaitu sebagai *biofilter* cemaran logam berat, sebagai bahan kerajinan dan campuran pakan ternak.

Eceng gondok dapat hidup mengapung bebas di atas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tumbuhan inilah yang banyak digunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tumbuhan ini mampu mengolah air buangan domestik dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Eceng gondok dapat menurunkan kadar BOD dan partikel tersuspensi lainnya secara biokimiawi serta mampu menyerap logam – logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik. Kemampuan dalam menyerap logam berat, eceng gondok umur muda lebih tinggi dibandingkan umur tua (Widyanto, 1977).

Adapun bagian-bagian tumbuhan yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut :

a. Akar

Bagian akar eceng gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tumbuhan. Sebagian besar peranan akar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tumbuhan dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana dibawah sinar matahari kantung akar ini berwarna merah, susunan akarnya dapat mengumpulkan lumpur atau partikel-partikel yang terlarut dalam air (Ardiwinata, 1950).

b. Daun

Daun eceng gondok tergolong dalam makrofita yang terletak di atas permukaan air, yang didalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung. Zat hijau daun (klorofil) eceng gondok terdapat dalam sel epidemis. Dipermukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang dan daun selain sebagai pelampung juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan  $O_2$  dari proses fotosintesis. Oksigen dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan  $CO_2$  yang akan terlepas kedalam air (Pandey, 1980).

c. Tangkai

Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya penuh dengan udara dan berperan untuk mengapungkan tumbuhan di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidemis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis sklerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim. Kemudian didalam jaringan ini terdapat jaringan pengangkut (*xilem* dan *floem*). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna tipis (Pandey, 1980).

Terdapat beberapa penelitian terkait penggunaan efektivitas tumbuhan eceng gondok dalam proses fitoremediasi untuk mengatasi limbah perairan. Penelitian-penelitian tersebut terdapat pada tabel 2.1 di bawah ini.

**Tabel 2.3.** Beberapa Jurnal Penelitian mengenai Fitoremediasi menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

No.	Jurnal Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Fariez, Chairul, Said ZA. 2012.	Eceng gondok memiliki kemampuan dalam menyerap amonia dalam air buangan. Di dapatkan hasil bahwa tanaman eceng gondok yang diberi nutrisi cukup dapat memiliki kemampuan untuk menyerap amonia secara maksimal.
2.	Dewi, Yusriani S. 2012.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan limbah cair domestik dengan eceng gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solm) pada hari ke-14 efektif secara nyata menurunkan suhu, pH, BOD, COD, zat teroksidasi dan zat tersuspensi (TSS) pada limbah cair domestik. Efektifitas penurunan tertinggi pada perlakuan dengan 3 rumpun tanaman eceng gondok; suhu turun 18,3%; BOD turun 64,6%; COD turun 18,2%, zat teroksidasi turun 60,3% dan zat tersuspensi (TSS) turun 97,9% dari nilai kontrol.
3.	Eddy, Syaiful. 2009.	Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok mampu menurunkan kadar Pb pada media tanam rata-rata mencapai 80% selama 10 hari untuk seluruh perlakuan melalui mekanisme rizofiltrasi dan fitoekstraksi. Tanaman eceng gondok dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi pada air yang tercemar Pb.

4.	Yuliana Meta. Tengku SR, Andi Z. 2012.	Tingkat efektivitas penyerapan orthofosfat total selama pengamatan terdapat pada konsentrasi 0,05 mg/l selama 4 hari sebesar 60,00 % atau mengalami penurunan sebesar 0,030 mg/l. Sedangkan tingkat efisiensi penyerapan terbaik terjadi pada perlakuan konsentrasi 0,05 pada hari ke-2 sebesar 17,00 % atau mengalami penurunan sebesar 0,009 mg/l. Dapat diketahui bahwa detensi waktu dan konsentrasi perlakuan memiliki perbedaan yang nyata terhadap penyerapan orthofosfat. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan Uji Analisis Sidik Ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 0,05.
----	--	--

Berdasarkan tabel 2.3 diatas, dapat dilihat bahwa tanaman eceng gondok memiliki kemampuan penyerapan bahan organik yang terdapat dalam limbah cair menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*).

Pemilihan tanaman eceng gondok pada bak sistem *Aquatic plant treatment* ini didasarkan pada pertimbangan – pertimbangan berikut.

1. Tanaman eceng gondok merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia
2. Dari segi ekonomi tanaman eceng gondok harganya murah
3. Tidak memerlukan perawatan khusus dan pemeliharaannya sangat mudah
4. Dari berbagai referensi tanaman eceng gondok sudah mampu mengolah limbah cair

## **2.6. *Aquatic Plant Treatment***

Prinsip dasar *Aquatic Plant* adalah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan tanaman pada area tersebut. Secara tidak langsung tanaman berperan penting dalam mendukung kehidupan mikroorganisme pengurai limbah seperti bakteri, jamur, alga dan protozoa. Batang, cabang, daun dan akar tanaman akuatik menyediakan kebutuhan oksigen untuk mikroorganisme, habitat bagi tempat hidup dan berkembangnya mikroorganisme. Tanaman akuatik

juga disebut tanaman *hidrophytic* atau *hydrophytes* tanaman yang telah disesuaikan untuk tinggal pada lingkungan perairan. Tanaman akuatik dikelompokkan menjadi beberapa kelompok, yaitu tumbuh di bawah permukaan air, mencuat, maupun terapung di atas permukaan air. Dalam pemilihan jenis tanaman akuatik, produksi biomassa, tingkat pertumbuhan dan kemudahan pengolahan dan panen harus diperhatikan (Bruce, 1992).

Tanaman akuatik mempunyai peran yang tidak langsung tetapi sangat penting dalam proses amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi, yaitu sebagai tempat pelengkatan mikroorganisme dan menyuplai oksigen melalui akar sehingga mendukung pertumbuhan bakteri aerob. Sisa-sisa bagian tanaman yang mati menjadi sumber karbon organik yang diperlukan oleh bakteri sebagai sumber energi dalam proses denitrifikasi, yaitu perubahan nitrat menjadi gas  $N_2$ . Selain proses biologis, proses penghilangan senyawa nitrogen dalam *constructed wetland* juga terjadi melalui volatisasi ion ammonium ( $NH_4^+$ ) menjadi gas  $NH_3$  bila pH lebih besar dari 8; sedimentasi dan penyaringan partikel padat yang mengandung nitrogen; serta proses adsorpsi ion ammonium ke dalam sedimen organik dan anorganik melalui pertukaran ion (Tongchai dan Udomphon, 2004).

Akar tanaman akuatik di dalam media tanah akan mengeluarkan oksigen sehingga akan terbentuk zona rhizosfer yang kaya oksigen. Zona rhizosfer ini akan terbentuk di seluruh permukaan rambut akar, sehingga semakin besar luas permukaan akar maka zona rhizosfer yang terbentuk akan semakin besar. Oksigen akan mengalir ke akar melalui batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun. Diperkirakan oksigen yang dilepas oleh akar tanaman akuatik berkisar antara 5-45 mg tiap satu meter persegi luas permukaan akar. Tumbuhan akuatik mampu memasok oksigen ke dalam tanah di bawah permukaan air sebanyak 0,2-10  $cm^3$  oksigen per batang per menit (Bruce, 1992).

Tanaman air juga disebut tanaman yang telah disesuaikan untuk tinggal di air atau pada lingkungan perairan. Tanaman yang hidup di perairan digolongkan menurut cara hidupnya menjadi (Bruce, 1992) :

1. Tumbuhan yang daunnya muncul di atas permukaan air, batang di dalam air, dan akar di dalam tanah. Tumbuhan jenis ini memiliki segi positif dengan menyediakan oksigen bagi organisme di udara oleh daunnya yang tumbuh di atas permukaan air, akarnya yang berada di dalam tanah juga tidak terlalu mengganggu ketersediaan nutrisi dan unsur hara yang ada di air karena nutrisi dan unsur hara yang diambilnya berasal dari dalam tanah. Tumbuhan jenis ini juga dapat dijadikan sebagai tempat berkembang biak ikan-ikan dengan melekatkan telurnya pada batangnya. Segi negatif pada tumbuhan jenis ini adalah jika keberadaannya melimpah dapat mengurangi area hidup organisme perairan sehingga mengganggu pergerakan dan aktivitasnya di air.
2. Tumbuhan yang daunnya muncul di atas permukaan air, batang dan akarnya melayang di dalam air. Tumbuhan jenis ini memberikan oksigen di udara karena daunnya yang tumbuh di atas permukaan air, akar-akarnya yang melayang di dalam air dapat menyerap nutrisi dan unsur hara yang terdapat di air. Selain itu beberapa jenis tumbuhan ini akarnya dapat menyerap logam seperti besi untuk menetralkan perairan dari pencemaran logam sehingga keberadaannya dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran perairan dan akarnya bisa dijadikan tempat pemijahan ikan.
3. Tumbuhan yang daunnya muncul di atas permukaan air, tidak memiliki batang, dan akarnya melayang di dalam air (*Floating Plant System*). Tumbuhan jenis ini memiliki beberapa segi positif, yaitu dapat menyerap senyawa toksik terlarut dalam saluran air masuk (irigasi) dan saluran air keluar (drainase) seperti Fe dan  $SO_4$  sehingga memiliki sifat toleran terhadap kelarutan besi yang tinggi. Tumbuhan air jenis ini memiliki akar yang dapat mengikat logam, contohnya seperti tanaman gelam *Melaleuca sp* sehingga dapat menjadi indikator pencemaran air. Tumbuhan ini dapat dengan bebas menarik karbondioksida dan oksigen yang mereka butuhkan dari udara, namun untuk mendapatkan nutrisi, tumbuhan jenis ini bergantung pada konstituen terlarut yang terdapat di dalam air. Dalam

kondisi anaerobik, tumbuhan ini mengangkut oksigen ke akar untuk tujuan metabolik. Sedangkan kerugian dengan adanya kelimpahan tumbuhan ini adalah terhalangnya cahaya masuk ke dalam perairan sehingga organisme/hewan air tidak dapat menerima cahaya dengan baik,

### **2.7. Hydraulic Retention Time (HRT)**

Durasi waktu material organik berada dalam reaktor disebut dengan *retention times*. Dalam sebuah reaktor anaerobik terdapat 2 *significant retention times*. Salah satu *retention time* tersebut adalah HRT (Ogejo dkk., 2009).

Menurut Liu (2008), HRT adalah keseluruhan waktu dimana air limbah berada di reaktor anaerobik. HRT diindikasikan sebagai lama kontak air limbah dengan mikroorganisme (Patriany, 2006). Persamaan dari HRT mengikuti persamaan 1 (Tchobanoglous dkk., 1991).

$$\text{HRT} = V/Q \quad (\text{Sumber : Tchobanoglous dkk., 1991}) \quad (2.1)$$

Dimana :

HRT = *Hydraulic Retention Time*

V = volume reaktor (L)

Q = laju aliran influen (L/jam)

### **2.8. Penelitian Sebelumnya**

Berdasarkan data sekunder, penelitian sebelumnya pernah dilakukan Sri Sejati (2013) hasil uji laboratorium limbah cair minyak kayu putih di Sendang Mole tahun 2013 menunjukkan :

**Tabel 2.4** Hasil Uji Laboratorium Limbah Cair Minyak Kayu Putih di Sendang Mole Tahun 2013

No	Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
1.	Ph	4,29		Potensiometri
2.	Temperatur	29,20	°C	Termometri
3.	BOD	320,00	Mg/L	Volumetri
4.	COD	17888,00	Mg/L	Volumetri
5.	TSS	9,00	Mg/L	Gravimetri

Sumber : Sejati (2013)

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat kandungan BOD dan COD berada pada angka tinggi melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Besarnya angka BOD dan COD pada limbah cair penyulingan minyak kayu putih dapat disebabkan secara langsung oleh bahan baku organik yang berupa tumbuhan kayu putih (*Melalauca leucadendra*) pada saat proses penyulingan. Dalam proses ini, konsentrasi oksigen pada badan air yang tercemar limbah akan mengalami penurunan sehingga dapat mengganggu biota air. Untuk mencegah dampak pencemaran kualitas air yang berasal dari limbah cair penyulingan minyak kayu putih, maka perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk menurunkan konsentrasi BOD dan COD serta materi organik yang berpotensi mencemari lingkungan disekitarnya.

Penelitian kedua oleh Rafik Kurniawan dkk (2014), penanganan limbah cair industri minyak kayu putih dengan metode filtrasi anaerobik. Dalam penelitian tersebut, penurunan nilai parameter limbah cair dilakukan menggunakan metode filtrasi anaerobik. Prototipe filtrasi anaerobik kemudian disusun dengan beberapa perlakuan, yaitu perlakuan kagulasi dan perlakuan filtrasi anaerobik. Perlakuan koagulasi dilakukan dengan menggunakan bahan koagulan tawas ( $Al_2SO_4)_3$ ).



## **2.8. Hipotesis Penelitian**

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah terdapat pengaruh antara penerapan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) terhadap penurunan kadar COD, BOD, Minyak & Lemak Total dan penetralan pH dalam pengolahan limbah cair penyulingan minyak kayu putih.