

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Limbah Cair Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan suatu komoditas perkebunan yang memegang peran penting dalam perekonomian Indonesia salah satu penyumbang devisa non-migas yang cukup besar. Berkembangnya luas pertanaman kelapa sawit disertai dengan pertumbuhan industri pengolahan, yang mengakibatkan peningkatan volume limbah yang dihasilkan (Susilawati dan Supijatno, 2015). Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia, menghasilkan minyak untuk bahan pangan, minyak industri dan bahan bakar nabati (biodiesel). Kelapa sawit memiliki dampak positif juga terhadap pertumbuhan ekonomi dan sosial dan sebagai salah satu komoditas ekspor pertanian terbesar Indonesia, serta sebagai sumber penghasil devisa maupun pajak yang besar. Pada produksi dan pengolahan industri perkebunan kelapa sawit, terdapat peluang kerja yang diciptakan untuk masyarakat, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat Indonesia (Rosmegawati, 2021).

Berkembangnya pabrik kelapa sawit yang semakin meningkat, selain dari adanya dampak positif juga memiliki dampak negatif bagi lingkungan dan masyarakat, karena limbah yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Operasi di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) menghasilkan produk utama seperti CPO (*Crude Palm Oil*), PKO (*Palm Kernel Oil*) dan PK (*Palm Kernel*), serta produk sampingan berupa limbah padat, limbah cair dan emisi polutan udara. Salah satu jenis limbah cair yang signifikan dari PKS adalah POME (*Palm Oil Mill*

*Effluent*), yang dianggap sebagai limbah utama dengan potensi pencemaran lingkungan yang tinggi (Ilmannafian dkk., 2020).

Potensi polusi dari limbah cair juga berasal dari jumlah limbah yang dihasilkan, dimana untuk setiap ton minyak sawit mentah yang diproduksi diperlukan 5-7,5 ton air, dengan lebih dari 50% berakhir sebagai POME. POME memiliki karakteristik cairan kental berwarna coklat, yang mengandung sekitar 95-96% air, 0,6-0,7% minyak dan 4-5% total padatan yang Sebagian besar berasal dari buah sawit. POME juga memiliki nilai parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) dan kandungan Fe. Hal tersebut dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan, dalam kualitas dan kuantitas sumber daya alam, menurunkan kesuburan suatu perairan, serta menimbulkan bencana bagi lingkungan dan manusia (Ilmannafian dkk., 2020).

Nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dengan menurunkan kadar oksigen terlarut di perairan, yang berpotensi menyebabkan kematian pada organisme akuatik (Agnes dan Azizah, 2005). Limbah cair industri kelapa sawit yang tidak memenuhi standar kualitas, jika dibuang ke perairan, dapat menjadi racun bagi biota dan mikroorganisme perairan (Budianta, 2004). Mikroorganisme seperti fitoplankton yang memiliki peran penting dalam menjaga kesuburan perairan, dapat terpengaruh dengan memiliki dampak kematian (Muliari dan Ilham, 2016).

Menurut Ma (2000), limbah cair industri kelapa sawit mengandung logam, termasuk Fe. Limbah cair industri kelapa sawit memiliki kandungan Fe dalam rentang 46,5 mg/L. Kadar logam Fe yang tinggi, berkisar antara 5-7 mg/L, dapat menyebabkan efek toksik yang berpotensi merugikan Kesehatan manusia (Endang dan Hadi, 2015). Untuk mengurangi pencemaran oleh logam Fe, salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah fitoremediasi. Metode ini memanfaatkan tanaman sebagai alat untuk membersihkan limbah, yang relatif mudah diimplementasikan, tidak memerlukan biaya besar dan banyak jenis tanaman yang dapat digunakan tersedia di alam (Ilmanafian dkk., 2020).

Fitoremediasi merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair ramah lingkungan, karena menggunakan tanaman hidup untuk membersihkan lingkungan dari kontaminan berbahaya. Pada proses fitoremediasi tanaman yang digunakan dapat menyerap seperti logam berat, senyawa organik dan lain sebagainya melalui mekanisme fitoekstraksi dan fitorhizodegradasi. Tumbuhan dapat menyerap, mengakumulasi dan mendegradasi kontaminan tersebut, sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran atau polusi lingkungan. Kelebihan dari metode ini selain dari ramah lingkungan yaitu biaya cukup rendah dibandingkan metode remediasi konvensional, karena hanya menggunakan tumbuhan yang cukup banyak ditemukan di lingkungan. Metode ini juga cukup efektif dan efisien dalam mendegradasi limbah cair, serta fleksibilitas dalam berbagai skala (Sukono dkk., 2020).

## B. Deskripsi Tanaman Kangkung Air

Kangkung air memiliki bunga berwarna putih kemerahan, batang dan daunnya lebih besar, warna batangnya hijau. Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) adalah tumbuhan air yang memiliki penyerapan luas di Afrika, Asia dan Pasifik barat daya. Tanaman ini bersifat perennial dan dapat hidup lebih dari satu tahun, dengan populasi yang tersebar mulai dari daratan rendah hingga daratan tinggi. Kangkung air memiliki adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi iklim dan jenis tanah di daerah tropis, sehingga cocok untuk ditanam di berbagai wilayah Indonesia. Tanaman ini dapat tumbuh subur di perairan dangkal seperti bantaran sungai, danau dan bahkan selokan (Hapsari, 2018).

Menurut Steenis (2003), tanaman kangkung air dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Kelas : Dicotyledoneae  
Bangsa : Tubiflorae  
Suku : Convolvulaceae  
Marga : *Ipomoea*  
Jenis : *Ipomoea aquatica*



Gambar 1. Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) (Kandi, 2019).

Kangkung air tidak memilih-milih unsur hara tertentu, sehingga mampu menyerap semua jenis unsur yang terdapat dalam air dan tanah. Unsur yang paling dibutuhkan oleh tanaman kangkung air untuk pertumbuhannya adalah nitrogen (N) dan fosfat (P). Kangkung air menyerap nitrogen dalam bentuk ion nitrat ( $\text{NO}_3$ ), yang bermuatan negatif dan selalu larut dalam air, sehingga mudah diserap melalui akar tanaman tersebut (Novizan, 2001). Nitrogen berfungsi meningkatkan pertumbuhan tanaman, membentuk senyawa protein, memperbaiki kesehatan pertumbuhan daun dan meningkatkan kualitas tanaman yang menghasilkan daun-daunan (Sutedjo, 2002).

### C. Remediasi Tanaman Kangkung Air

Kangkung air adalah tumbuhan yang dapat dengan mudah menyerap logam berat dari lingkungannya, seperti air, tanah dan udara yang tercemar. Akibat dari pencemaran ini kangkung air memiliki kemungkinan besar untuk menyerap logam berat tersebut. Salah satu contoh logam berat yang dapat mencemari perairan adalah timbal (Pb) (Hapsari, 2018). Menurut penelitian Kandi (2019), fitoremediasi menggunakan kangkung air dapat menurunkan kadar COD dan kadar fosfat, kemudian tanaman ini juga mampu tumbuh dengan baik pada media yang mengandung limbah cair industri kelapa sawit. Hasil beberapa peneliti yang sudah melakukan fitoremediasi menggunakan tanaman kangkung air yaitu Hapsari dkk. (2018), hasil yang diperoleh dalam mengolah limbah batik dapat menurunkan kadar timbal (Pb) sebesar 0,112

mg/L. Hasil penelitian Najwa dkk. (2023), memperoleh hasil dalam mengolah limbah tahu menurunkan kadar TSS sebesar 60,51 mg/L, COD 6,58 mg/L dan BOD 12,16 mg/L.

Tahapan tanaman kangkung air dalam meremiasi limbah cair yaitu terjadi proses fitodegradasi, dengan mengurai senyawa pencemar organik dan proses ini melibatkan mikroorganisme yang bekerja untuk menguraikan senyawa tersebut. Mekanisme fitostabilisasi melibatkan tanaman dalam mengurai mobilitas logam berat dalam suatu limbah cair dengan mengikatnya ke akar atau jaringan tanaman. Proses selanjutnya melibatkan tanaman dalam menguapkan senyawa kimia tertentu ke udara melalui akar dan daun, sehingga tanaman dapat mengurangi senyawa berbahaya dengan menguapkannya ke udara. Mekanisme fitotransformasi merupakan proses tanaman mengubah atau memodifikasi senyawa kimia yang terkontaminasi menjadi tidak berbahaya atau mudah dihilangkan dari lingkungan (Hapsari dkk., 2018).

#### **D. Deskripsi Tanaman Purun Tikus**

Purun tikus atau *Eleocharis dulcis* dikenal sebagai tanaman dengan rimpang pendek yang memiliki stolon memanjang berujung bulat pipih, berwarna kecoklatan kehitaman. Tanaman ini memiliki batang tegak yang tidak bercabang, berwarna keabuan hingga hijau mengkilap dengan Panjang 50-200 cm dan diameter 2-8 mm. Daunnya berbentuk pelepah yang mereduksi, dan bunganya bulir majemuk yang terletak di ujung batang, dengan Panjang 2-6 cm dan lebar 3-6 cm, terdiri dari beberapa buliran silinder dan bersifat

hermafrodit. Buahnya berbentuk bulat telur terbalik, berwarna kuning hingga coklat mengkilap (Steenis, 2003).

Menurut Steenis (2003), tanaman purun tikus dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae  
 Divisi : Spermatophyta  
 Kelas : Monocotyledonese  
 Bangsa : Cyperales  
 Suku : Cyperaceae  
 Marga : Eleocharis  
 Jenis : *Eleocharis dulcis*



Gambar 2. Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) (Steenis, 2003).

#### E. Remediasi Tanaman Purun Tikus

Tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) adalah tumbuhan liar yang mampu beradaptasi dengan baik di lahan rawa pasang surut yang mengandung sulfat masam. Tanaman ini juga termasuk dalam jenis hipertoleran, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas air. Purun tikus tumbuh optimal pada suhu 30-35°C dan membutuhkan kelembaban tanah antara 98-100%. Penggunaan purun tikus sebagai adsorben telah terbukti efektif dalam

mengurangi kadar TSS hingga 80% dan COD hingga 81,25% pada limbah cair (Faradina dkk., 2020). Menurut Asikin dan Thamrin (2012), tanaman purun tikus juga memiliki kemampuan menyerap unsur beracun atau logam berat seperti besi (Fe), sulfur (S), merkuri (Hg), timbal (Pb) dan cadmium (Cd).

Purun tikus adalah tanaman hiperakumulator yang memiliki potensi besar dalam mendegradasi limbah cair. Tanaman ini mampu mengakumulasi limbah melalui penyerapan oleh akarnya, dimana akar menghasilkan senyawa peptida khusus berupa fitokelatin dalam jumlah lebih banyak dari pada yang dihasilkan oleh daun. Fitokelatin tersebut berfungsi mengikat limbah yang diserap, yang membantu dalam proses degradasi limbah di dalam perairan. Tanaman purun tikus ini memiliki peran yang cukup baik sebagai biofilter alami atau pemurnian air limbah dalam memperbaiki kualitas air, serta mengurangi dampak negatif air limbah terhadap ekosistem (Faradina dkk., 2020). Hasil penelitian yang sudah dilakukan Yulita dkk. (2022), fitoremediasi menggunakan tanaman purun tikus pada lahan basah buatan mampu menyerap Hg sebesar 96%.

Mekanisme tanaman purun tikus dalam meremediasi limbah cair yaitu dengan mengakumulasi logam berat, dengan melibatkan imobilisasi zat toksik di dalam akar tanaman, sehingga logam berat terkonsentrasi dan tidak tersebar. Mekanisme selanjutnya yaitu terjadi pada tanaman purun tikus dalam menyerap limbah yaitu dengan cara emngakumulasi logam berat ke dalam jaringan tanaman melalui akar tanaman. Mekanisme biofiltrasi yaitu pemurnian air limbah, tanaman purun tikus bekerja melalui adanya penyerapan

senyawa toksik terlarut seperti Fe dan SO<sub>4</sub>, sehingga dapat membantu memberishkan limbah dari zat berbahaya (Putri dkk., 2023).

#### F. Deskripsi Tanaman Ekor Kucing

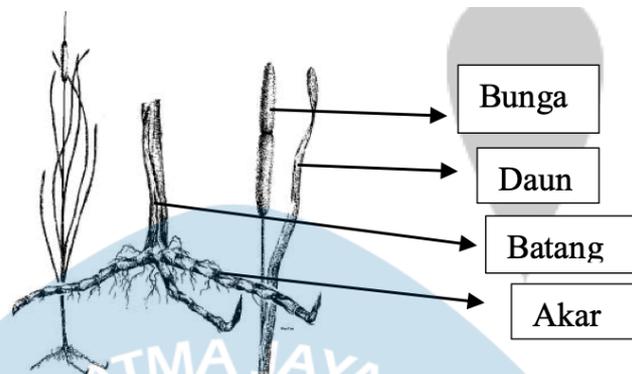
*Typha latifolia* dikenal juga sebagai tanaman ekor kucing, adalah tanaman dengan bunga berwarna coklat yang berbulu dan memiliki bentuk menyerupai ekor kucing, sehingga dikenal luas dengan sebutan tersebut di masyarakat. Tanaman ini memiliki sifat perennial, artinya dapat hidup selama bertahun-tahun, dan sering kali disebut sebagai tanaman abadi. Tinggi tanaman ekor kucing berkisar antara 150-300 cm, dan daun tumbuh baik di tanah yang tergenang air dangkal kondisi tanah tereduksi (Johanna, 2012).

Menurut Steenis (2003), tanaman ekor kucing dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Liliopsida  
Bangsa : Typhales  
Suku : Typhaceae  
Marga : Typha  
Jenis : *Typha latifolia*



Gambar 3. Tanamn Ekor Kucing (*Typha latifolia*) (Evasari, 2012).



Gambar 4. Morfologi Ekor Kucing (Tania, 2019).

### G. Remediasi Tanaman Ekor Kucing

Tanaman ekor kucing (*Typha latifolia*), termasuk dalam jenis tumbuhan hiperakumulator karena kemampuannya dalam menyerap logam berat. Tanaman ini mampu menyerap logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), kopernisium (Cn), mangan (Mn) dan magnesium (Mg) dan mampu hidup dengan rentang pH 4-10 (Moenir, 2010). Akar yang banyak dan kuat pada ekor kucing memabantu menstabilkan perairan, menyerap zat organik dan mengurangi erosi tanah. Limbah yang diserap oleh tanaman ekor kucing akan terakumulasi dalam jumlah besar di dalam akarnya (Putri dkk., 2023).

Hasil penelitian yang sudah dilakukan Disyamto dkk. (2014), tanaman ekor kucing mampu menyisihkan pencemar limbah tahu, dengan memiliki kemampuan mengurangi kadar BOD diperoleh sebesar 42,77-84,76%. Tanaman ini juga memiliki kemampuan untuk mengurangi kadar TSS sebesar 84,71%, COD sebesar 94,87% dan BOD sebesar 94,17%. Proses ini dikenal dengan *phytoaccumulation* atau *hyperaccumulation*, dimana tanaman mampu menarik zat kontaminan dari lingkungannya dan mengakumulasikannya pada

akar tanaman (Moenir, 2010). Zat kontaminan dari limbah cair yang akan diserap, kemudian akan ditranslokasi pada bagian jaringan tumbuhan lain yaitu seperti daun dan batang tumbuhan (Waluyo, 2018). Menurut Leka dan Nasution (2024), penyerapan limbah cair menggunakan tanaman ekor kucing melalui mekanisme rhizodegradasi, akar tanaman akan mempengaruhi mikroorganisme disekitarnya untuk mendegradasi logam berat dalam suatu limbah cair.

## H. Parameter Limbah Cair Kelapa Sawit

### 1. pH

Limbah cair industri kelapa sawit memiliki sifat asam dengan rentang pH sekitar 3,5-5 sehingga perlu diolah karena berpotensi mencemari lingkungan. Menurut standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, pH maksimum untuk limbah cair kelapa sawit seharusnya berada dalam rentang 6-9. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair kelapa sawit diperlukan untuk mencegah pencemaran lingkungan dan melindungi sungai-sungai disekitarnya (Ika, 2012).

### 2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Menurut Ali (2004), menjelaskan bahwa COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan dalam air melalui reaksi kimia. Kadar COD pada limbah cair industri kelapa sawit yang belum diolah mencapai 1910,4 mg/L, namun angka ini dapat bervariasi tergantung pada sumber minyak sawit dan bahan yang digunakan dalam proses

produksinya. Sesuai dengan peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, kadar maksimum COD untuk limbah cair kelapa sawit seharusnya tidak melebihi 350 mg/L, sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah cair untuk mencegah pencemaran lingkungan.

### 3. TSS (*Total Suspended Solid*)

Menurut Ika (2012), TSS adalah jumlah berat lumpur kering dalam mg/L yang terdapat dalam limbah setelah proses pengeringan. Pengukuran TSS digunakan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran air limbah domestik untuk dan untuk menilai efisiensi pengolahan air. Menurut Kasnawati (2011), bahwa limbah cair dari industri kelapa sawit yang belum diolah memiliki nilai TSS sebesar 1048,1 mg/L. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, kadar maksimum TSS untuk limbah cair kelapa sawit adalah sekitar 250 mg/L, sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah cair untuk mencegah pencemaran lingkungan.

### 4. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Menurut Rumidatul (2006), BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan bakteri untuk menguraikan zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air. Menurut Kasnawati (2011), bahwa limbah cair industri kelapa sawit memiliki nilai BOD sebesar 5540 mg/L berdasarkan hasil penelitiannya. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, kadar maksimum BOD untuk limbah cair kelapa sawit seharusnya tidak melebihi dari 100 mg/L, sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah cair untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

## 5. Logam Fe

Menurut Nursanti (2014), limbah cair dari industri kelapa sawit mengandung logam besi (Fe) sekitar 46,5 mg/L, yang memiliki potensi untuk mencemari lingkungan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, kadar maksimum logam besi yang diperbolehkan dalam limbah yang dibuang ke badan air adalah 5 mg/L. Tingkat tinggi logam besi dalam perairan dapat menyebabkan pencemaran dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat yang mengandalkan air tersebut untuk keperluan sehari-hari.

### I. Hipotesis

Tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*), ekor kucing (*Typha latifolia*) dan purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat menurunkan konsentrasi bahan pencemar limbah cair pabrik kelapa sawit.