

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Limbah Cair Kain Jumputan**

Limbah tekstil dibagi menjadi dua kelompok limbah padat dan cair, limbah tekstil memiliki kandungan warna sintesis yang akan merusak ekosistem perairan. Limbah cair merupakan sisa limbah kegiatan industri serta aktivitas rumah tangga dengan kandungan komponen yang berbahaya bagi lingkungan. Limbah kain jumputan termasuk ke dalam limbah cair karena hampir 80% proses pembuatannya melakukan air dengan zat pewarna tekstil yang mengandung logam berat timbal Pb. Kandungan zat tersebut menyebabkan limbah cair kain jumputan memiliki kadar BOD, COD, TSS dan pH yang tinggi serta keruh (Fauzi *et al.*, 2019).

Limbah cair kain jumputan berwarna sangat pekat mengandung logam berat dan konsentrasi garam yang tinggi, kandungan yang terdapat pada warna limbah cair kain jumputan ini berasal dari proses pencucian dan pencelupan dan menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan kimia yang tinggi jika limbah air dari kain jumputan dibuang langsung ke sungai atau ke perairan zat warna pekat akan merusak lingkungan sekitar. Pewarna sintetis memiliki warna yang lebih pekat dan jauh lebih tinggi dari pada pewarna lainnya (Cundari *et al.*, 2017).

Industri tekstil di Sumatera Selatan khususnya kain jumputan berkembang sangat pesat hal ini membawa dampak positif bagi pengrajin, kain jumputan berkembang sangat pesat dan banyak diminati, namun disamping itu ada operasional industri sedang berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar (Intan *etal.*, 2019). Sektor tekstil ditekankan pemerintah untuk dimasukkan dalam Kep.MENLH Nomor 5 Tahun 2022 dan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 tahun 2012 menyatakan bahwa sebuah industri yang menghasilkan limbah harus memenuhi kriteria kualitas air (Zairinayati dan Khosamtun, 2022).

#### **2.2. Parameter Air limbah**

Limbah hasil pembuatan kain jumputan menghasilkan limbah cair warna yang mengandung bahan logam, sesuai dengan peraturan Gubernur Sumatera Selatan

Nomor 8 tahun 2012 pencemaran kualitas limbah dilihat dari nilai BOD sebesar 1,2, nilai TSS sebesar 1,0 dan pH dengan nilai sebesar 6,0 – 0,9. Menurut Niu *et al.*(2023),parameter mencerminkan degradasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor,seperti jenis limbah, kadar air, suhu, pH, dan nutrisi dari proses anaerobik.

### **2.2.1 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)**

*Biochemical Oxygen Demand* atau (BOD) merupakan karakteristik yang diperlukan mikroorganisme untuk menunjukkan jumlah oksigen terlarut untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik.Populasi mikroba menggunakan BOD sebagai ukuran jumlah oksigen sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat terurai (Atima 2015).

*Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme biologis aerobik didalam air untuk memecah komponen organik yang tersedia dalam air dengan suhu tertentu selama periode dengan waktu tertentu. BOD merupakan ukuran perkiraan jumlah bahan organik yang dapat terdegradasi (Ahmed dan Shah,2017).

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

*Total suspended solid* merupakan padatan yang tersuspensi menyebabkan keruhnya air. Partikel tersebut tidak dapat langsung mengendap. Nilai TSS yang tinggi dapat mengakibatkan masuknya sinar matahari ke dalam air menjadi terhambat dan akan mengganggu proses fotosintesis. Tumbuhan akan mengalami penurunan oksigen terlarut kedalam air sehingga mengganggu ekosistem akuantik. Kadar penurunan TSS terjadi karena tumbuhan menyerap kadar TSS dengan dekomposisi bahan organik (Ruhmawati *et al.*, 2017).

Konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) merupakan indikator untuk memantau kualitas lingkungan perairan dan mengukur tingkat pencemaran air. TSS merupakan penyebab kekeruhan pada air, bahan yang tersuspensi organik di dalam air mudah mengalami fermentasi anaerobik setelah pengendapan yang memperburuk kualitas air. TSS mengurangi penetrasi fotosintesis tanaman air. Penguraian tersuspensi organik menghabiskan oksigen dan mengurai kandungan oksigen yang terlarut dalam air (Zhanget *al.*, 2023).

### 2.2.3. pH (Derajat keasaman)

Parameter kualitas air merupakan tingkat keasaman pada air pH merupakan konsentrasi ion Hidrogen larutan yang menyatakan tingkat keasaman yang dimiliki, pH sebagai salah satu parameter terpenting. Pada proses fitoremediasi derajat keasaman berpengaruh terhadap kelarutan logam didalam air, suhu pH yang turun mampu membatasi aktivitas pada mikroba sehingga memperlambat proses fitoremediasi terhadap logam (Ngafifuddin *et al.*,2017).

Tingkat toksisitas senyawa kimia di dalam limbahair di pengaruhi oleh pH, pada pH dengan nilai yang rendah toksisitas logam akan tinggi sedangkan jika pH tinggi maka toksisitas logam dalam media akan turun (Sarjono,2009). pH yang bersifat asam pada jaringan tumbuhan meningkatkan kemampuan untuk mengikat unsur dalam media, sebaliknya jika pH yang bersifat basa dalam jaringan tumbuhan akan melemah dalam mengikat unsur didalam air sehingga penyerapan polutoan atau zat kontaminan semakin sedikit menyebabkan terganggunya metabolisme tumbuhan (Agusetyadevy *et al.*,2013).

### 2.3. Logam berat timbal (Pb)

Logam berat merupakan kelompok unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar, logam berat merupakan logam dengan zat pencemar yang dikategorikan berbahaya karena memiliki sifat yang tidak terdegradasi secara alami dan terakumulasi dalam air, salah satu logam berat yang menjadi pencemaran perairan adalah logam berat timbal (Pb). Logam berat Pb merupakan salah satu logam berat yang berbahaya (Supriyantini dan Soenardjo, 2016).

Logam berat Pb dalam susunan unsur merupakan logam berat yang terdapat secara alami di bumi, meningkatnya pencemaran lingkungan oleh logam berat dan senyawa pewarna buatan memberikan dampak negatif. Limbah cair dari industri mengandung logam berat (Cu, Cr, Pb, Fe dan Zn) dengan standar konsentrasi yang ditetapkan, pewarna umumnya dihasilkan oleh industri tekstil merupakan polutan lain, selain logam berat, zat warna mempengaruhi kesehatan dan lingkungan. Pewarna dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok dalam struktur kimia dan kelarutan dalam air, pewarna kationik, seperti metal biru, hijau

perunggu, pewarna anionik termasuk congo red, metal orange dan pewarna nonanionik (Neolaka *et al.*,2023).

Logam berat memiliki sifat racun, logam Pb yang ada di bumi kebanyakan memasuki sistem perairan alam dan terakumulasi yang pada akhirnya masuk ke dalam tubuh hewan dan manusia (Purwiandono dan Haidar, 2022). Sifat logam timbal mempunyai titik lebur rendah dan sifat kimia yang aktif membuat logam timbal mudah sekali memapar manusia (Ikhsan *et al.*,2020). Logam Pb merupakan unsur kimia yang berada di golongan 14 pada tabel periodik, logam berat Pb dikategorikan sebagai logam paling berbahaya bagi lingkungan logam Pb dan senyawanya ditemukan umumnya pada bensin bertimbal kegiatan industri termasuk pembakaran dan peleburan, pengecatan berbahan dasar Pb, daur ulang baterai, jaringan kapal serta industri tekstil (Nandomah and Tetteh,2023).

Industri tekstil mempunyai potensi resiko paparan logam berat melalui kulit, inhalasi dan oral. Pewarnaan mengandung logam berat terdeteksi pada limbah cair jomputan. Pewarna ganda dilakukan untuk mendapatkan berbagai kombinasi warna. Pewarna sintetik mengandung logam Pb yang cukup tinggi. Pb merupakan racun metabolik bersifat sebagai inhibitor enzim proses pencelupan pada pembuatan kain jomputan menggunakan pewarna putih ( $Pb(OH)_2$ ,  $PbCO_3$ ), pewarna merah ( $Pb_2O_4$ ,  $K_2CrO_4$ ) dan Pewarna tersebut menghasilkan logam berat Pb yang berasal dari zat mordant pengikat warna (Pita *et al.*, 2019). Zat warna dalam proses kain jomputan juga menggunakan zat direct dengan golongan azo yang dapat menyerap serat selulosa yang tergolong sulit untuk didegradasi yang bersifat toksik (Susmanto *et al.*, 2020).

#### **2.4. Fitoremediasi**

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk remediasi limbah dan memanfaatkan tumbuhan untuk menyerap unsur hara didalam limbah. Teknik fitoremediasi biasanya memanfaatkan tumbuhan untuk meremediasi media yang terkontam baik itu tanah maupun air. Fitoremediasi merupakan teknik yang menguntungkan secara ekonomis maupun lingkungan karena memanfaatkan tumbuhan hijau untuk menyerap kontaminan (Kafleet *et al.*,2022).

Fitoremediasi merupakan salah satu solusi teraman dan berkelanjutan metode yang dilakukan fitoremediasi secara *insitu* dan tidak merusak keanekaragaman hayati tanah metode yang digunakan secara *in situ* maupun *exsitu* menghemat sejumlah biaya jika dibandingkan dengan metode remediasi fisikokimia. Fitoremediasi juga merupakan teknologi *insitu* menggunakan tumbuhan untuk mendegradasi, mengekstraksi ataupun digunakan untuk melumpuhkan kontaminan (Trojanowska,2022).

Fitoremediasi dianggap teknologi hijau yang mudah digunakan, layak secara ekonomi dan ramah lingkungan, fitoremediasi memanfaatkan tumbuhan hiperakumulator sebagai makrofit. Diantara semua teknik bioremediasi logam berat, fitoremediasi diminati oleh banyak peneliti karena potensinya yang besar dalam memulihkan lingkungan yang tercemar logam berat. Keseluruhan mekanisme yang terlibat selama fitoremediasi logam berat, selama proses fitoremediasi, logam berat diremediasi melalui mekanisme berbeda seperti fitodegradasi, fitoekstraksi, fitovolatilisasi, fitofiltrasi (Tan *et al.*,2023).

#### **2.4.1. Fitodegradasi**

Fitodegradasi merupakan penguraian kontaminan yang ada didalam air yang terjadi melalui proses metabolisme tumbuhan dalam mengubah kontaminan menjadi tidak berbahaya. Metode yang digunakan adalah dengan pengendapan sepanjang adsorpsi dan absorpsi pada logam yang akan diangkut ke akar-akar tumbuhan untuk mendapatkan hasil yang baik mekanisme meredemiasi polutan dibadan air atau dengan cara hidroponik (Nurgasita dan Sulistyoning,2021).

Fitodegradasi adalah degradasi yang dilakukan oleh tumbuhan melalui enzim seperti enzim dehalogenase oksigenase, degradasi berfungsi mempercepat pertumbuhan pada tumbuhan dalam kasus lain polutan mengalami biotransformasi, tumbuhan dapat mengakumulasi kontaminan dari tempat yang terkontaminasi bahan organik dan menghilangkannya melalui aktivitas metabolisme. Fitodegradasi terbatas pada keadaan kontaminan organik karena logam tidak dapat terurai secara hayati(Avila *et al.*, 2023).

#### **2.4.2. Fitoekstraksi**

Fitoekstraksi merupakan penyerapan dan pengangkutan akar tanaman

kedalam pucuk untuk menghilangkan racun tanah, akar dan pucuk polutan akan terakumulasi. Tumbuhan ini disebut hiperakumulator dikarenakan setelah polutan yang terakumulasi tumbuhan tidak boleh dikonsumsi dan harus dimusnahkan dengan cara insinerator dan landfiling namun tumbuhan hiperakumulator terjadi secara alami umumnya tumbuhan yang lambat dan menghasilkan biomassa diatas permukaan tanah dalam jumlah yang relatif kecil sehingga hal ini membatasi potensi fitoekstrasinya. Tumbuhan dengan strategi akumulasi digunakan untuk fitoekstraksi tanah (Venegas *et al.*,2022).

#### **2.4.3. Fitovolatilisasi**

Fitovolatilisasi terjadi pada tumbuhan yang akan menyerap kontaminan dan melepaskannya keudara melalui daun dan senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas melalui daun. Fitovolatilisasi proses tumbuhan menyerap limbah diakar tanaman, ketika limbah berada di dalam tumbuhan diubah menjadi senyawa yang tidak berbahaya dan bersifat mudah menguap selanjutnya ditranspirasikan ke udara (Ilham dan Irawanto,2020).

Fitovolatilisasi fokus terhadap serapan kontaminan beracun pada tanah melalui tumbuhan. Transformasinya yang mudah menguap dan selanjutnya dibuang ke atmosfer, hal ini bergantung pada penggunaan tumbuhan tertentu yang menyerap kontaminan beracun yang mengubah unsur menjadi mudah menguap dengan sedikit atau tanpa toksisitas melepaskannya ke atmosfer melalui spirasi-evapotranspirasi melalui stomata, daun dan batang. senyawa yang dilepaskan umumnya kurang beracun dibandingkan senyawa yang diserap akar (Raklami *et al.*,2022).

#### **2.4.4. Fitofiltrasi**

Fitofiltrasi menggunakan biomassa tumbuhan yang telah mati yang digunakan sebagai pengikat ion logam, beberapa jenis adsorben mengadsorpsi logam berat dengan memanfaatkan selulosa. Pemanfaatan selulosa dikarenakan mempunyai gugus fungsi pengikat ion logam, gugus fungsi tersebut merupakan karboksil dan hidroksil (Dwi *et al.*,2016). Keberhasilan rhizofiltrasi memerlukan pemahaman penuh tentang spesies kontaminan dan interaksi semua. Tumbuhan ideal untuk rhizofiltrasi memiliki akar yang tumbuh (Wang *et al.*, 2020).

Fitofiltrasi adalah teknik penggunaan akar, pucuk atau bibit dalam menghilangkan kotoran tanah dari tanah atau air menjadi rhizofiltrasi, kaulofiltrasi dan blastofiltrasi. Tumbuhan yang dipilih untuk rhizofiltrasi ditanam sepenuhnya di air yang tercemar untuk menciptakan sistem akar yang kompak dengan menggunakan teknik hidroponik. Kemudian dipindahkan ke tempat yang terkontaminasi setelah matang dipanen dan dibuang. Pada keadaan rhizofiltrasi logam berat diserap oleh akar. Eksudat yang ada di akar mengubah pH rhizosfer mendukung pengendapan logam berat (Naveed *et al.*, 2023).

## 2.5. Bioakumulasi Limbah

Bioakumulasi merupakan alternatif yang digunakan untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah yang mengandung ion logam berat. Menurut Hardiani (2009), tumbuhan melakukan penyerapan pada jaringan akar, baik yang berasal dari sedimen maupun yang berasal dari air, selanjutnya terjadi translokasi pada bagian tumbuhan lain dan penimbunan logam di jaringan tertentu. Upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel maupun jaringan mempunyai detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam akar.

Bioakumulasi terjadi di dalam jaringan tumbuhan setelah absorpsi logam melalui air yang terkontaminasi. Akumulasi terjadi pada logam merupakan salah satu usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan. Di dalam sel pada tumbuhan logam melewati plasmalema, sitoplasma dan vakuola, di dalam vakuola logam akan terakumulasi. Bagian vakuola menjaga agar logam menghambat metabolisme tumbuhan. Jaringan akar akan mengakumulasi logam di dekat endodermis yang masuk melalui korteks. Endodermis berfungsi sebagai partial barrier dari perpindahan logam ke akar (Ismail *et al.*, 2020).

Secara umum tumbuhan peka terhadap cekaman logam berat, perbedaan toleransi terhadap logam berat dipengaruhi oleh genotip dan spesies tumbuhan. Toksik logam berat pada tumbuhan dilihat dari gejala struktural maupun gangguan pada fisiologis. Tumbuhan mengembangkan mekanisme efektif terhadap kadar logam yang tinggi, tumbuhan memiliki kemampuan beradaptasi bertahan hidup dalam lingkungan yang tercekam logam berat tetapi semakin

meningkat kadar logam berat dalam media tanam dapat mengakibatkan terjadinya perubahan fisiologi. Tumbuhan yang tergolong toleran terhadap logam dapat mempertahankan pertumbuhan karena dapat mengatasi kadar logam yang tinggi karena memiliki kemampuan beradaptasi (Muddarisna dan Rahayu,2016).

## 2.6. Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)

Melati air (*Echinodorus palaefolius*) merupakan tanaman yang berasal dari Brazil tanaman herba akuatik tempat lembab dan bersifat *perennial*. Melati air memiliki akar serabut yang pendek, tinggi batang mencapai 0.4 m. Daun melati air berbentuk bulat telur dengan ujung daun yang membulat, pangkal yang berlekuk serta tepi daun rata, tulang daun yang menjari letak daun yang berhadapan, permukaan bawah daun terdapat bulu kasar, daun berseling. Bunga melati air berwarna putih kelopaknya terlihat tipis, terdapat benang sari berwarna kuning serta embrio disatukan dengan kotiledon (Rahmayani *et al.*, 2020).

Melati air mampu menurunkan kadar BOD, COD dan fosfat, dalam penyerapan logam oleh tanaman melati air ditandai terjadinya nekrosis atau kematian jaringan tanaman yang disertai dengan berubahnya warna daun. Pada penyerapan logam berat tidak hanya disebabkan kemampuan akar serabut namun akar juga memiliki mekanisme interaksi terhadap logam berat yaitu memproduksi eksudat akar (Rahmaisyantiet *al.*,2022).



a



b



c



d

Sumber : (Maryoto. A. 2020), (Hasnunida.N., dan Wiono. J. W., 2019)

Klasifikasi tanaman melati air :

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Alismatales

Famili : Alismataceae

Genus : *Echinodorus*

Spesies : *Echinodorus palaefolius* (Nees&Mart)J.F.Macbr.

Melati air digunakan untuk fitoremediasi karena melati air mampu mengurai dan menghisap oksigen dari udara melalui daun, batang dan akar kemudian dilepaskan pada daerah sekitar perakaran. Penelitian Koesputri *et al.*, (2016) menyatakan bahwa melati air mampu menurunkan kadar BOD, COD dan fosfat hingga mendekati baku mutu.

Melati air menggunakan proses fitostabilisasi dimana kontaminan air limbah yang menumpuk di akar tidak diserap kedalam batang. Kontaminan tersebut kemudian menempel pada melati air sehingga tidak hanyut oleh aliran air dalam media. Tanaman melati air menggunakan proses rhizofiltrasi akar menyerap kontaminan, penyerapan oksigen melalui daun, batang dan akarnya kemudian dilepaskan di rizofe yang kaya akan oksigen. Terdapat bakteri rizosfer pada akar melati yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Mikro rizosfer dapat menguraikan unsur organik dan anorganik (Sumartad an Ronny, 2023).

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat pada melati air terjadi melalui akar, didalam akar tanaman melakukan perubahan pH oleh akar serta membentuk zat kelat yang disebut dengan fitosiderofor. Fitosiderofor terbentuk mengikat logam yang membawanya ke dalam sel akar melalui transpor aktif sel tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi dengan menimbun logam pada organ tertentu (Caroline dan Moa, 2015). Berbagai macam makrofit perairan tahan terhadap polutan dan efektif untuk mengekstrasikan dan menghilangkan polutan maupun kontaminan lingkungan misalnya logam berat bahannanoda dan bahan berbahaya lainnya (Santos *et al.*, 2020).