

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Fitoremediasi

Istilah fitoremediasi berasal dari kata Yunani yaitu *Phyto* yang memiliki arti tumbuhan atau tanaman dan kata Latin *Remediation* atau *remediare* yang memiliki arti memperbaiki, menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi dapat dikatakan bahwa fitoremediasi merupakan suatu sistem dimana tumbuhan bekerjasama dengan mikroorganisme tertentu untuk mengurangi zat pencemar atau tidak berbahaya bahkan menjadi berguna secara ekonomi (Prasetyo, 2021).

Fitoremediasi adalah teknologi in-situ dengan memanfaatkan kemampuan yang dimiliki oleh tumbuhan hidup (Manousaki & Kalogerakis, 2011 dalam Sukono *et al.*, 2020). Fitoremediasi juga merupakan teknologi pembersihan yang ramah lingkungan dan dipengaruhi oleh sinar matahari berdasarkan dengan konsep menggunakan alam untuk membersihkan lingkungan (Sukono *et al.*, 2020).

Fitoremediasi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai media untuk menyerap dan mendegradasi kadar pencemar yang terdapat pada limbah cair. Dalam pengaplikasiannya, fitoremediasi efektif sebagai alternatif pengolah limbah, baik zat pencemar organik maupun non organik. Pada dasarnya, tumbuhan atau tanaman mempunyai kemampuan untuk

menyerap, menampung serta menyimpan zat organik, non organik maupun unsur logam (Mirwan and Puspita, 2021).

Fitoremediasi pada umumnya menggunakan tumbuhan yang memiliki sifat hiperakumulator. Tumbuhan hiperakumulator merupakan tumbuhan yang memiliki tingkat laju penyerapan tinggi dibandingkan dengan tumbuhan yang lain. Biasanya tumbuhan hiperakumulator yang digunakan untuk proses fitoremediasi adalah tumbuhan non pangan atau tidak dapat dikonsumsi oleh manusia (Roni, 2020). Tumbuhan air yang digunakan sebagai fitoremediator adalah tumbuhan yang dapat toleran terhadap air atau media yang mengandung polutan. Biasanya tumbuhan yang toleran terhadap polutan memiliki ciri-ciri mampu tumbuh dan berkembang pada perairan yang tercemar (Dewi, Santoso and Proklamasiningsih, 2022).

Proses fitoremediasi dapat dipengaruhi oleh beberapa kondisi pada lingkungan seperti kerapatan tumbuhan, suhu, pH dan sinar matahari. Kerapatan tumbuhan dapat memberi pengaruh pada proses fitoremediasi. Kerapatan tumbuhan akan mempengaruhi pertumbuhan dan proses penguapan karena pada proses penguapan dan zat organik yang diserap tumbuhan. Kerapatan tumbuhan juga dapat mempengaruhi banyaknya nutrisi yang diserap oleh tumbuhan. Suhu dan pH air limbah yang tidak sesuai dengan dimana tumbuhan biasa hidup dapat mempengaruhi lama masa hidup tumbuhan dan proses dalam penyerapan polutan (Rahayuningtyas and Endah Wahyuningsih, 2018). Sedangkan sinar

matahari dapat berpengaruh dalam proses fitoremediasi karena mempengaruhi pertumbuhan dan proses fotosintesis pada tumbuhan (Lupitasari, Melina and Kusumaningtyas, 2020). Lebih banyak massa atau berat yang digunakan dalam fitoremediasi maka semakin besar daya serap terhadap pencemar (Ni'mah, Anshari and Saputra, 2019) .

Tumbuhan yang digunakan pada proses fitoremediasi akan mengalami perubahan morfologi dan fisiologi yang disebabkan oleh tumbuhan tersebut telah aktif menyerap polutan di dalam air. Pada saat menyerap polutan di dalam air, tumbuhan beradaptasi untuk dapat hidup. Adaptasi yang dilakukan tumbuhan secara morfologi dapat dilihat dari warna daun, ukuran daun, serta akar tumbuhan setelah proses fitoremediasi, sedangkan adaptasi secara fisiologi dilihat dari kemampuan genetik tumbuhan terhadap tingkat toleransi terhadap unsur-unsur kimia. Tumbuhan fitoremediator apabila ditempatkan pada limbah dengan konsentrasi tinggi, dengan waktu yang lama maka tumbuhan akan lebih cepat mati dan efektivitas dalam penyerapan limbah pun menjadi rendah (Oktaviani, Nilandita and Suprayogi, 2020).

Fitoremediasi sebagai salah satu teknik dalam mengolah limbah cair tentu memiliki keunggulan dan kekurangan. Keunggulan dari teknik fitoremediasi adalah tidak memerlukan biaya yang besar karena menggunakan tumbuhan yang tersedia di alam dan perawatan serta operasionalnya yang mudah, dapat dikontrol pertumbuhannya dan merupakan cara remediasi yang paling aman bagi lingkungan karena

memanfaatkan tumbuhan sekaligus memelihara keadaan alami lingkungan (Sumiyati, Sutrisno and Wicaksono, 2023). Sedangkan kekurangan dari teknik fitoremediasi ini adalah salah satunya kemungkinan akibat yang dapat ditimbulkan apabila tumbuhan yang telah menyerap polutan tersebut dikonsumsi oleh hewan dan serangga. Selain itu dampak lainnya adalah terjadinya keracunan bahkan kematian pada hewan atau serangga karena terjadinya akumulasi logam pada hewan-hewan jika mengonsumsi tanaman yang telah digunakan dalam proses fitoremediasi (Bouty, Herawaty and Mangangka, 2022).

Pada proses fitoremediasi, terdapat enam tahapan proses mekanisme tumbuhan dalam mereduksi berbagai zat pencemar atau polutan, antara lain (Patandungan, HS and Aisyah, 2019) :

1. *Phytoaccumulation (phytoextraction)*

Phytoaccumulation adalah proses saat tumbuhan atau tanaman saat menarik zat kontaminan dalam tanah dan diakumulasikan pada sekitar akar tumbuhan yang kemudian meneruskan senyawa tersebut ke bagian tumbuhan seperti akar, batang, dan daun.

2. *Rhizofiltration*

Rhizofiltration adalah proses pada akar tumbuhan dalam mengadsorpsi atau menyerap zat kontaminan berlebihan yang berada pada sekitar akar tumbuhan.

3. *Phytostabilization*

Phytostabilization adalah saat tumbuhan menarik zat kontaminan tertentu ke bagian akar tumbuhan karena tidak dapat diteruskan ke bagian tamana yang lain. Zat kontaminan tersebut menempel pada akar dengan erat sehingga tidak terbawa oleh aliran air dalam media.

4. *Rhizodegradation*

Rhizodegradation adalah proses tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan dengan aktivitas mikroba yang terdapat di sekitar akar tumbuhan.

5. *Phyridegradation*

Phyridegradation adalah proses tumbuhan dalam menyerap polutan yang selanjutnya digunakan tumbuhan untuk proses metabolisme. Proses tersebut berlangsung pada bagian tumbuhan yaitu daun, batang, akar maupun di luar sekitar akar dengan dibantu oleh enzim yang dihasilkan oleh tumbuhan itu sendiri.

6. *Phyriualatization*

Phyriualatization adalah proses tumbuhan dalam menyerap polutan dan merubahnya menjadi zat yang bersifat volatile supaya tidak berbahaya lagi yang selanjutnya akan diuapkan ke atmosfer oleh tumbuhan.

B. Limbah Cair *Home Industry* Tahu

1. Definisi Limbah Cair *Home Industry* Tahu

Limbah cair dapat didefinisikan sebagai air buangan yang berasal dari sisa aktivitas manusia dan mengandung berbagai polutan yang berbahaya baik secara langsung maupun jangka panjang (Lasmini *et al.*, 2022). Berdasarkan sumbernya, limbah cair dapat berasal dari perdagangan, perkantoran, rumah tangga, industri dan tempat-tempat umum lainnya. Limbah cair industri adalah buangan atau sisa dari proses suatu kegiatan usaha yang berwujud cair yang sudah tidak memiliki nilai ekonomis sehingga dibuang (Huwaina Af'idah, Nisrina Nisrina and Abdul Karim, 2023). Zat pencemar yang ada pada limbah cair dapat menjadi ancaman yang serius bagi kelestarian lingkungan karena selain adanya kandungan beracun bagi biota perairan, zat pencemar juga memiliki dampak pada sifat kimia, biologis, dan fisik perairan (Lasmini *et al.*, 2022).

Pada akhir proses pembuatan tahu akan menghasilkan sisa atau buangan yang dapat disebut limbah. Limbah yang dihasilkan dari pembuatan tahu terbagi menjadi limbah padat dan limbah cair. Limbah yang dominan terbuang merupakan limbah dalam bentuk cair yang dapat mencemari lingkungan, sedangkan limbah padat dapat langsung dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Limbah cair pada proses pembuatan tahu dihasilkan pada proses pencucian bahan baku, pencucian peralatan perendaman, dan pencetakan yang apabila langsung dibuang ke

lingkungan dan tidak diolah dahulu dapat menimbulkan bau dan mencemari lingkungan (Pagoray, Sulistyawati and Fitriyani, 2021).

2. Kandungan Limbah Cair *Home Industry* Tahu

Tahu merupakan makanan yang berbahan baku kedelai, oleh karena itu limbah yang dihasilkan mengandung bahan organik yang cukup tinggi. Limbah cair *home industry* tahu memiliki kandungan protein 34,9%; karbohidrat 34,8%; dan 18,1% bahan nutrisi lainnya. Karena mengandung bahan organik yang cukup tinggi, maka limbah cair *home industry* tahu disukai oleh mikroba sebagai tempat berkembang biak yang akhirnya dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan (Yulianto *et al.*, 2020).

Limbah cair *home industry* tahu mengandung BOD, COD, TSS, nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), ammonia (NH_3), pH, dan TDS. Kandungan BOD dan COD dalam limbah cair *home industry* tahu cukup tinggi yaitu sebesar 6000-8000 mg/L BOD dan 7500-14000 mg/L COD (Pangestu, Sadida and Vitasari, 2021). Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pengolahan kedelai untuk pembuatan tahu memiliki baku mutu 150 mg/L untuk BOD, 300 mg/L untuk COD, 200 mg/L untuk TSS dan 6-9 untuk pH air. Oleh karena itu, dibutuhkan pengolahan yang baik untuk limbah cair *home industry* tahu sebelum dibuang ke lingkungan supaya tidak menurunnya kualitas perairan.

3. Karakteristik Limbah Cair *Home Industry* Tahu

Air buangan atau air limbah secara umum dapat digolongkan berdasarkan sifat biologi, fisika dan kimia. Parameter fisika yaitu berupa kekeruhan, bau, suhu dan zat padat. Sedangkan parameter kimia yaitu berupa kandungan BOD, COD, DO, minyak atau lemak, nitrogen, pH, dan lainnya (Sayow *et al.*, 2020). Sifat biologis yang dimiliki oleh limbah cair *home industry* tahu dapat dilihat dari kekotoran air dan mikroorganisme yang ada pada limbah cair. Mikroorganisme yang ada di dalam limbah cair antara lain adalah protista (bakteri, jamur, dan alga) binatang dan tumbuhan (Harahap, Amanda and Matondang, 2020).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pengolahan kedelai untuk pembuatan tahu parameter yang menjadi karakteristik pencemar dari limbah cair industri tahu adalah BOD, COD, TSS, dan pH.

a. BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah nilai yang menunjukkan jumlah oksigen organik yang terlarut oleh aktivitas mikroba untuk menguraikan zat organik secara biologis dalam air limbah. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme aerobik untuk menguraikan zat organik terlarut maupun tersuspensi dalam air. BOD dapat juga digunakan untuk melihat atau menentukan dampak pembuangan pada badan air.

Semakin besar jumlah BOD maka akan semakin cepat oksigen yang ada pada badan air akan habis (Sari and Rahmawati, 2020).

Penguraian zat organik oleh mikroorganisme adalah proses alamiah, yang mana jika air tercemar oleh zat organik maka mikroorganisme pengurai dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air. Habisnya oksigen terlarut dapat menyebabkan kematian ikan, tumbuhan dan makhluk hidup lainnya yang ada di dalam air. Tingginya BOD limbah cair *home industry* tahu dikarenakan bahan baku utama tahu yaitu kedelai sehingga limbah cair yang dihasilkan mengandung protein, karbohidrat, lemak dan asam amino yang tinggi sehingga mempengaruhi tingginya fosfor, nitrogen, dan sulfur dalam air yang ditandai dengan limbah cair yang kental (Riyanto, 2023).

b. COD

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk bahan buangan yang terdapat dalam air limbah dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Pengukuran COD dapat dilakukan secara *real time* untuk meningkatkan pengendalian dan efisiensi dari proses pengolahan air limbah (Sari and Rahmawati, 2020). Kandungan senyawa organik yang tinggi didalam air limbah dapat menyebabkan habisnya oksigen terlarut didalam air sehingga menyebabkan makhluk hidup yang ada pada perairan tersebut mati (Sayow *et al.*, 2020).

Secara luas pengukuran COD digunakan sebagai pengukur zat organik dan anorganik yang dapat dioksidasi secara alami pada perairan alami, limbah domestik dan limbah industri. Kadar COD pada perairan yang tidak tercemar atau dalam keadaan normal berada diantara 20 mg/L, sedangkan air limbah dari hasil industri biasanya memiliki nilai COD 100-60.000 mg/L (Harahap, Amanda and Matondang, 2020).

c. TSS

Total Suspended Solid atau total padatan yang tersuspensi adalah bahan-bahan di dalam air yang melayang dan tidak dapat larut dalam air. Padatan tersuspensi dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Semakin tinggi padatan yang tersuspensi di dalam air maka air tersebut akan semakin keruh (Sayow *et al.*, 2020). TSS yang tinggi pada perairan dapat menghalang masuknya sinar matahari kedalam air sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis tumbuhan yang ada di bawah perairan dan menyebabkan turunnya oksigen terlarut yang dilepas ke air oleh tumbuhan. Berkurangnya oksigen terlarut di air dapat mengganggu ekosistem air. Selain itu, jumlah TSS yang sangat tinggi dapat menimbulkan pembentukan lumpur hingga penumpukan yang dapat menyebabkan pendangkalan perairan. TSS dalam perairan dapat berupa lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur (Harahap, Amanda and Matondang, 2020).

d. pH

pH atau derajat keasaman merupakan suatu ukuran untuk menentukan sifat asam atau basa pada suatu larutan. Perubahan pH pada air dapat mempengaruhi proses kimia, fisika, dan biologi dari organisme yang hidup di dalam air tersebut (Harmawan, 2022). Air limbah industri tahu memiliki derajat keasaman yang cukup tinggi sehingga dapat menimbulkan bau busuk karena dalam keadaan asam air limbah akan melepas zat-zat yang mudah menguap ke udara (Sayow *et al.*, 2020). Besar kecilnya nilai pH dipengaruhi oleh banyaknya bahan kimia yang terkandung di dalam air limbah, oleh sebab itu nilai pH berbeda-beda sesuai dengan kandungan kimianya. Pengolahan air secara biologi dan kimia dapat berlangsung dengan baik apabila pH pada air yang tepat (Ramayanti and Amna, 2019).

4. Bahaya Limbah Cair *Home Industry* Tahu

Limbah cair *home industry* tahu mengandung bahan organik dan BOD, COD yang tinggi sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Sebelum dibuang ke lingkungan, sebaiknya limbah cair *home industry* tahu diolah terlebih dahulu. Apabila dibuang langsung ke aliran sungai, limbah cair *home industry* tahu akan menyebabkan pencemaran sehingga dapat mengganggu ekosistem yang ada pada aliran sungai. Sungai yang menjadi tempat pembuangan langsung limbah cair *home industry* tahu akan mengalami perubahan warna, berbusa bahkan menghasilkan bau yang tidak sedap. Bau yang tidak

sedap tersebut berasal dari degradasi sisa-sisa protein menjadi amonia. Sedangkan apabila limbah cair *home industry* tahu dibuang langsung pada tanah akan meresap pada tanah dan dapat merusak kandungan air tanah (Novindri, Hidayani and Lubis, 2020). Limbah cair *home industry* tahu berbahaya bagi masyarakat dikarenakan banyaknya zat berbahaya dan beracun yang terkandung didalamnya, seperti bakteri yang dapat menjadi salah satu media penularan penyakit, dapat menimbulkan gatal-gatal dan beberapa penyakit kulit apabila dibuang langsung ke aliran air yang digunakan oleh masyarakat (Riyanto, 2023).

C. Eceng Gondok

Eceng gondok memiliki nama latin *Eichornia Crassipes* yang merupakan tumbuhan yang hidup di air. Eceng gondok banyak ditemukan di perairan Indonesia khususnya perairan air tawar yang dapat menyerap nutrisi pada air. Eceng gondok memiliki kemampuan pada akarnya yakni dapat menyerap nutrisi terutama fosfat (P), Nitrogen (N) dan potassium (K) serta dapat menyerap logam-logam berat dengan baik seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn (Karno *et al.*, 2020).

Eceng Gondok adalah salah satu tumbuhan gulma yang dapat tumbuh dan berkembang biak dengan cepat baik secara generatif maupun vegetatif (Fazaya, Suparmin and Widiyanto, 2021). Eceng gondok adalah salah satu dari tumbuhan yang memiliki kelebihan dapat menyerap polutan dengan baik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai biofilter alami. Hal tersebut dikarenakan terdapat senyawa fitokelatin pada akar eceng gondok

yang memiliki fungsi untuk mengikat zat polutan dalam air. Selain itu, pada akar eceng gondok terdapat mikroorganisme yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* yang mampu merubah amonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2) dan kemudian menjadi nitrat (NO_3) yang dapat diserap oleh eceng gondok. Oleh sebab itu, akar dari tumbuhan eceng gondok dapat mempengaruhi dari kemampuan dalam mendegradasi kandungan BOD, COD, dan bahan organik lainnya di dalam air (Novita and Pradana, 2022). Ujung pada akar eceng gondok akan menyerap zat organik pada limbah cair tahu yang kemudian zat-zat organik tersebut akan masuk ke dalam batang melalui pembuluh pengangkut dan menyebar ke seluruh bagian tumbuhan eceng gondok. Pada proses tersebut zat organik mengalami reaksi biologi dan terakumulasi di dalam batang eceng gondok yang kemudian diteruskan ke daun dan terjadi proses evaporasi (Vidyawati and Fitrihadjati, 2019). Kandungan polutan atau bahan organik pada air limbah yang diserap oleh tumbuhan akan diubah menjadi senyawa volatil dan kemudian ditranspirasi. Senyawa volatil adalah senyawa yang diproduksi tumbuhan dengan berat molekul yang rendah sehingga dapat menguap dengan mudah dalam proses evaporasi pada tumbuhan. Jika kandungan bahan organik pada air limbah sudah habis, maka tumbuhan air tidak mendapat nutrisi untuk pertumbuhannya. Kondisi tersebut dapat menyebabkan tumbuhan menjadi layu atau mati (Novita *et al.*, 2020).

Klasifikasi tumbuhan eceng gondok adalah sebagai berikut (Zahro and Nisa', 2021) :

Kingdom : *Plantae*

Sub Kingdom : *Viridiplantae*

Super Divisi : *Embryophyta*

Divisi : *Tracheophyta*

Class : *Magnoliopsida*

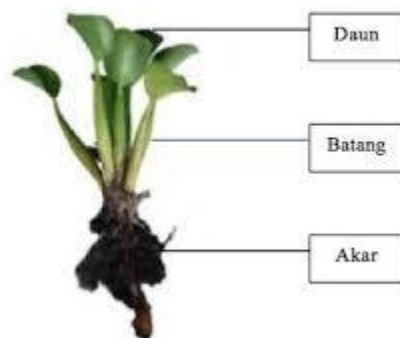
Super Ordo : *Lilianaes*

Ordo : *Commelinales*

Family : *Pontederiaceae*

Genus : *Eichhornia*

Spesies : *Eichhornia crassipes (mart.) solms*



Gambar 2. 1 Morfologi Tumbuhan Eceng Gondok

Paparan sinar matahari dan nutrisi berperan besar dalam pertumbuhan dari eceng gondok. Daun dan batang eceng gondok biasanya berwarna hijau tua dan memiliki ukuran lebar apabila mengandung nitrogen yang tinggi sedangkan eceng gondok yang memiliki kandungan nitrogen rendah cenderung berwarna hijau kekuningan dan berdaun kecil (Prasetyo, Anggoro and Soeprbowati, 2021). Daun eceng gondok terletak di atas permukaan air dan termasuk jenis makrofit. Makrofit merupakan

tumbuhan air yang hidupnya mengapung, melayang dan tumbuh di permukaan, dasar maupun pinggir perairan. Daun eceng gondok memiliki pangkal yang runcing, berwarna hijau, bertangkai serta memiliki permukaan yang mengkilap dan tersusun di atas roset akar. Daun eceng gondok ini memiliki panjang sekitar 7-25 cm (Deswandri and Fadhillah, 2019).

Eceng gondok biasanya memiliki tinggi sekitar 0,4-0,8 meter, daunnya disokong oleh tangkai yang berserat dan mengandung banyak air dan akarnya yang merupakan akar serabut, akarnya memiliki panjang 10-300 cm (Ulpiana and Dwi wulandani, 2021). Eceng gondok memiliki akar dengan panjang 10-30 cm saat masa vegetatif. Akar eceng gondok memiliki ciri khas yaitu jenis serabut namun tidak bercabang yang memiliki fungsi untuk mengikat lumpur serta segala partikel yang ada di dalam air. Pada akar eceng gondok terdapat pula bulu-bulu yang berfungsi sebagai jangkar pada tumbuhan. Selain itu eceng gondok juga memiliki akar dan biji, bunga eceng gondok ini merupakan bunga majemuk yang jumlahnya bisa mencapai 7-36 buah. Bunga tumbuhan eceng gondok memiliki warna hijau, beruang tiga dan berbentuk kotak sejati atau capsula. Sedangkan bijinya memiliki warna hijau berukuran kecil. Biji inilah yang digunakan eceng gondok untuk berkembang biak secara generatif (Deswandri and Fadhillah, 2019).

Eceng gondok biasanya hidup pada air yang dangkal dan keruh dengan suhu berkisar 28-30°C dengan pH 4-12. Selain itu, eceng gondok banyak hidup pada perairan yang lambat. Seperti danau, rawa, tanah basah,

dan pada kolam yang dangkal. (Novita and Pradana, 2022). Eceng gondok merupakan tumbuhan yang sangat mudah untuk beradaptasi dengan perubahan arus, ketinggian air, temperatur, ph, dan ketersediaan nutrisi pada air. Eceng gondok berkembang dengan cepat baik dengan cara vegetatif maupun generatif. Perkembangannya dengan cara vegetatif dapat melipat ganda dengan cepat dalam waktu 7-10 hari (Kam and Hughes, 2022).

Eceng gondok dapat tumbuh dengan cepat terutama pada perairan yang memiliki kandungan nutrisi tinggi dan kaya oleh potasium, fosfat serta nitrogen. Tumbuhan eceng gondok memiliki kandungan kimia yang cukup tinggi yaitu bahan organik sebesar 36,59%, Karbon organik total 21,23%, Nitrogen total 0,28%, Fosfor total 0,0011% dan Kalium total 0,16%. Dengan kandungan yang dimiliki oleh eceng gondok tersebut, eceng gondok dapat juga dimanfaatkan dalam pembuatan pupuk kompos sebagai penambah nutrisi atau hara pada tanah (Istiqomah, Adriani and Rodina, 2019).

D. Kayu Apu

Kayu apu atau *Pistia Stratiotes* adalah salah satu jenis tumbuhan air gulma yang mudah berkembang biak di air. Kayu apu menjadi salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai fitoremediasi air limbah karena memiliki kemampuan dalam mengolah polutan dalam air, baik polutan berupa logam berat, zat organik maupun anorganik sehingga merupakan salah satu tumbuhan fitoremediasi (Billah, Moelyaningrum and Ningrum,

2020). Tumbuhan kayu apu ini memiliki sifat hipertoleran, yakni kemampuan untuk mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan yang ada pada akar dan tajuknya. Kayu apu merupakan salah satu tumbuhan air yang memiliki sifat sangat toleran terhadap kontaminan air dan kandungan nutrisi yang tinggi pada air limbah industri maupun limbah air lainnya (Oktaviani, Nilandita and Suprayogi, 2020). Selain itu, tumbuhan kayu apu memiliki kandungan karbon organik cukup tinggi yaitu 40,5% dan nitrogen organik total 1,8%, sehingga tumbuhan kayu apu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk kompos. Kandungan karbon dan nitrogen organik yang cukup tinggi ada tanaman kayu apu ini dapat meningkatkan unsur hara pada tanah (Rosawanti, 2019).

Penyerapan tumbuhan kayu apu berlangsung secara alami antara lain melalui proses fitoekstraksi dan rhizofiltrasi. Fitoekstraksi adalah proses saat akar pada tumbuhan menarik zat kontaminan yang ada pada air untuk menempel ke akar. Sedangkan rhizofiltrasi merupakan salah satu proses penting pada fitoremediasi yaitu proses saat zat kontaminan diendapkan oleh akar (Oktaviani, Nilandita and Suprayogi, 2020). Polutan maupun bahan organik, ammonia, nitrogen yang telah diserap oleh akar tumbuhan kayu apu akan menjadi sumber nutrisi untuk pertumbuhan tanaman. Sedangkan bahan anorganik yang ada pada air limbah yang diserap oleh tumbuhan akan didegradasi oleh mikroba *Bacillus subtilis* menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu menjadi asam amino dan asam lemak yang dapat dimanfaatkan dalam pertumbuhan kayu apu (Roni, 2020). Dalam proses

fitoremediasi tumbuhan kayu apu memiliki kemampuan untuk menyerap polutan secara optimal pada waktu 7-10 hari, karena pada saat lebih dari 10 hari tumbuhan kayu apu mulai mengalami gejala klorosis yaitu warna daun mulai berubah menjadi kuning kecoklatan sehingga kemampuan dalam menyerap polutan menjadi berkurang (Soheti, Sumarlin and Marisi, 2020).

Kayu apu adalah tumbuhan yang dapat hidup di sungai, danau, dan air yang tergenang. Suhu air yang optimal untuk pertumbuhannya adalah 22-30°C dengan suhu pertumbuhan maksimal 35°C. sedangkan pH untuk kayu dapat tumbuh dengan baik adalah pada pH 6-7. Kayu apu hidup dengan cara menyerap unsur hara didalam air dengan akarnya. Tumbuhan ini memiliki akar yang panjang, lebat dan bercabang halus, dengan memanfaatkan akarnya kayu apu dapat menyerap zat organik dan anorganik di dalam air (Hendrasarie and Dieta, 2019). Kayu apu memiliki kemampuan untuk mengolah limbah karena pada dibantu oleh bakteri aktif *rhizosfer*. Bakteri rhizosfer ini merupakan kelompok bakteri yang dapat hidup pada akar dan hidup bersimbiosis pada tumbuhan (Rubianti and Amir, 2022).

Klasifikasi tumbuhan kayu apu adalah sebagai berikut (Oktaviani, Nilandita and Suprayogi, 2020) :

| | |
|-----------------------|------------------------|
| <i>Kingdom</i> | : <i>Plantae</i> |
| <i>Sub Kingdom</i> | : <i>Tracheobionta</i> |
| <i>Super Division</i> | : <i>Spermatophyta</i> |
| <i>Division</i> | : <i>Magnoliophyta</i> |

| | |
|------------------|----------------------------|
| <i>Class</i> | : <i>Liliopsida</i> |
| <i>Sub Class</i> | : <i>Arecidae</i> |
| <i>Ordo</i> | : <i>Arales</i> |
| <i>Family</i> | : <i>Araceae</i> |
| <i>Genus</i> | : <i>Pistia L.</i> |
| <i>Spesies</i> | : <i>Pistia stratiotes</i> |

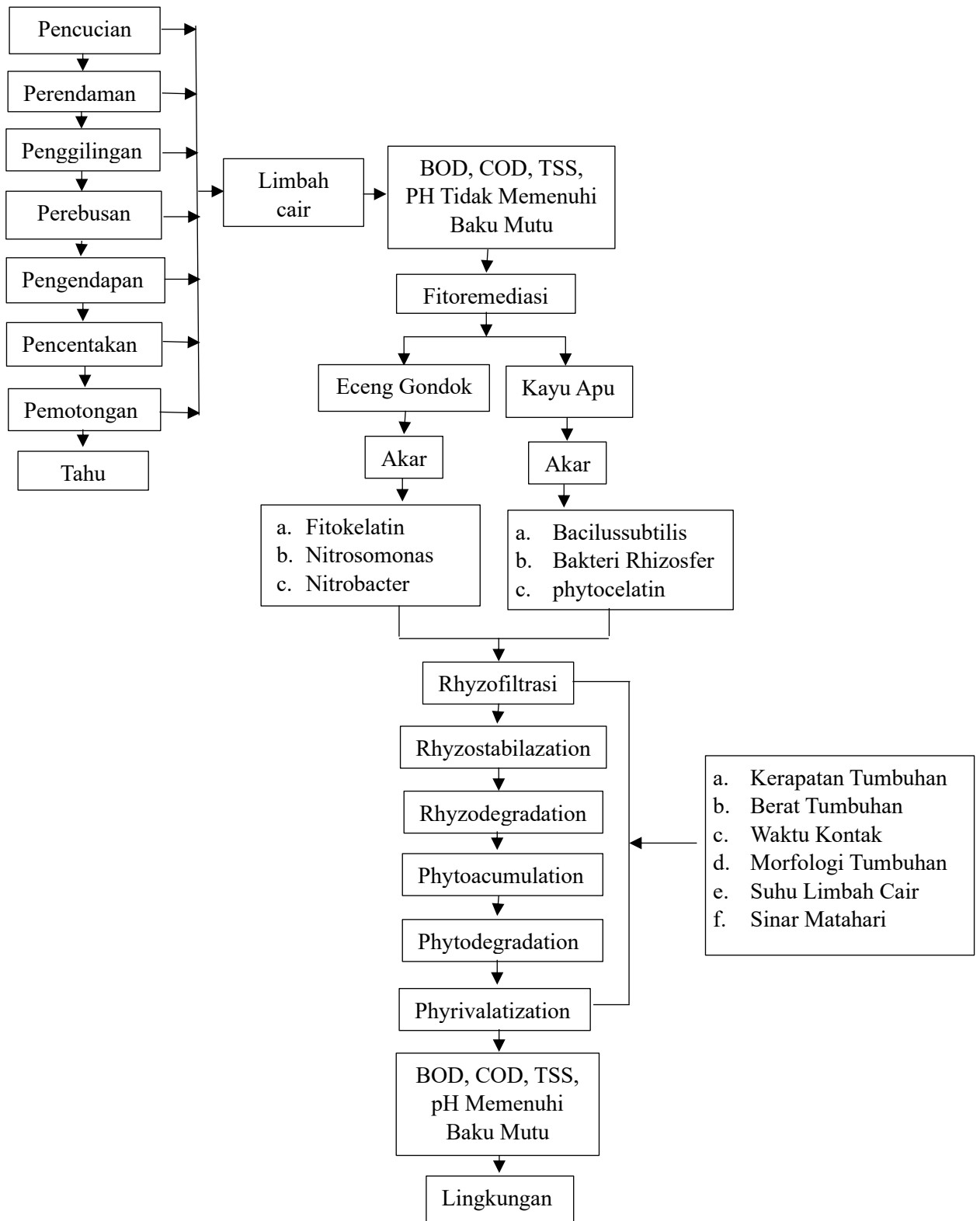


Gambar 2.2 Morfologi Tumbuhan Kayu Apu

Tumbuhan kayu apu memiliki warna hijau dan berubah menjadi kuning kecoklatan saat tua. Ukuran daun tumbuhan kayu apu yaitu panjang 2-10 cm dan lebar daun 2-6 cm dengan tepi daun yang berlekuk-lekuk serta terdapat bulu-bulu halus pada permukaan daunnya. Daun pada tumbuhan kayu apu ini membentuk seperti mahkota pada bunga mawar dengan pertulangan daun sejajar. Daun-daun ini tersusun roset di dekat akar sehingga membentuk bagian seperti batang tumbuhan. Akar pada tumbuhan

kayu apu ini memiliki panjang hingga 80 cm yang berwarna putih. Akar tersebut terletak menggantung pada bawah roset dan memiliki sotolon. Kayu apu dapat mengapung pada air karena rambut-rambut akar tumbuhan tersebut membentuk suatu struktur seperti keranjang dan dikelilingi oleh gelembung udara (Soheti, Sumarlin and Marisi, 2020).

E. Kerangka Teori



Gambar 2.3 Kerangka Teori

Sumber: PerMen LH No.5 2014; Pagoray et al,2021; Patandangan et al, 2019; Rahayuningtyas et al, 2018; Lupitasari et al, 2020; Ni'mah et al, 2019