

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Untuk mengetahui hasil penelitian terdahulu penulis mengambil beberapa judul sebagai berikut:

Tabel II. 1 Hasil Peneliti Terdahulu Dan Sekarang

No.	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian	Perbedaan Penelitian Terdahulu
1.	(Margowati et al., 2016)	Efisiensi Tanaman (Equisetum hyemale) Menurunkan Kadar BOD Dan COD Air Limbah Rumah Tangga Didesa Kracak Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Tahun 2016	Fitoremediasi Bambu Air Dalam esksperiment dengan pendekatan pretest dan post test design.	Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah menggunakan tanaman bambu air pada air limbah laundry dengan variasi waktu yaitu 6 hari, 9 hari, dan 12 hari sedangkan penelitian terdahulu menggunakan tanaman kayu apu, enceng gondok, dan bambu air pada air limbah rumah tangga dengan variasi berat tanaman bambu air yaitu 0,5 kg

No.	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian	Perbedaan Penelitian Terdahulu
				dan 0,75 kg dalam waktu selama 3 hari.
2.	(Sutyasmi & Susanto 2018)	Penggunaan Tanaman Air (Bambu Air Dan Melati Air) Pada Pengolahan Air Limbah Penyamakan Kulit Untuk Menurunkan Beban Pencemar Dengan Sistem Wetland Dan Adsorpsi.	Penelitian ini menggunakan sistem wetland dan adsorpsi.	Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah menggunakan tanaman bambu air dengan berat 1 kg dan 2 kg dan variasi waktu selama, 6 hari, 9 hari, dan 12 hari pada air limbah laundry sedangkan penelitian terdahulu menggunakan air limbah penyamakan kulit dengan sistem wetland dan adsorpsi.
3.	(Sitia & Juswardi 2022)	Potensi Fitoremediasi Bambu Air (<i>Equisetum hyemale</i>) Dalam Mereduksi Logam Berat Kromium Limbah Cair	Penelitian ini menggunakan dengan desain penelitian RAL dengan 5 perlakuan (kontrol (0%), 25% 50%, 75%, dan 100%) 4 kali ulangan.	Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah menggunakan metode deskriptif terdapat pada variasi waktu yaitu 6 hari, 9 hari, dan 12 hari dilakukan

No.	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian	Perbedaan Penelitian Terdahulu
		Kain Jumputan Dengan Sistem Lahan Basah Buatan.		3 perlakuan 3 replikasi sedangkan penelitian terdahulu menggunakan dengan desain penelitian RAL dengan 5 perlakuan (kontrol (0%), 25% 50%, 75%, dan 100%) 4 kali ulangan.

B. Kajian Teori

1. Air Limbah

a. Pengertian Air Limbah

Air limbah merupakan air sisa dari kegiatan atau kegiatan komersial. Ada dua jenis limbah: limbah domestik dan limbah lainnya. Sampah domestik berasal dari tempat usaha, pemukiman, perkantoran, tempat usaha, apartemen dan asrama. Limbah domestik terdiri dari air toilet dari septic tank dan air domestik lainnya. Limbah rumah tangga seringkali dibuang ke badan air tanpa diolah. Sebaliknya, kualitas air limbah mungkin tidak memenuhi standar. Baku mutu air limbah mengacu pada batas, kadar atau jumlah bahan pencemar yang diperbolehkan dalam air limbah yang dibuang ke air dan tanah (Bakkara et al., 2022).

Menurut Filliazati. (2019) limbah domestik memiliki karakteristik yang terbagi menjadi tiga bagian yaitu: fisika, kimia, dan biologi.

1) Karakteristik fisika

- a) *Total Solid* (TS). TS biasanya berbentuk padat yang mengendap di dasar perairan sehingga menimbulkan pendangkalan serta mengandung bahan organik dan anorganik
- b) *Total Suspended Solid* (TSS). TSS adalah padatan kering ditemukan di dalam air limbah domestik, biasanya berasal dari lumpur yang telah melewati tahap penyaringan pada proses pengolahan air limbah domestik.
- c) Warna
Aktivitas bakteri dalam air dapat mengubah warna limbah abu-abu menjadi kehitaman.
- d) Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh suspensi zat padat dan cair. Cahaya sulit menjangkau saluran pembuangan karena kekeruhannya.

e) Suhu

Jika suhu air limbah melebihi baku mutu, maka akan mempengaruhi reaksi yang terjadi di dalamnya.

f) Bau

Bau disebabkan oleh bahan organik yang dirusak oleh bakteri dalam limbah rumah tangga.

2) Karakteristik kimia

a) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

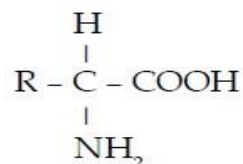
BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan organik dalam air limbah domestik

b) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses kimia untuk menguraikan zat polutan.

c) Protein

Protein dapat menghasilkan bau yang tidak sedap karena zat ini terurai dalam air limbah rumah tangga. Dengan asam amino sebagai dasar strukturnya, protein terdiri dari 50% karbon, 7% hidrogen, 23% oksigen, 16% nitrogen, 0,3% belerang, dan 0,3% fosfor.

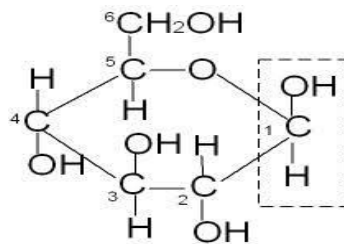


Gambar 2. 1 Rumus Kimia Protein

d) Karbohidrat

Bahan-bahan yang mengandung karbohidrat akan didegradasi oleh mikroorganisme sehingga dapat

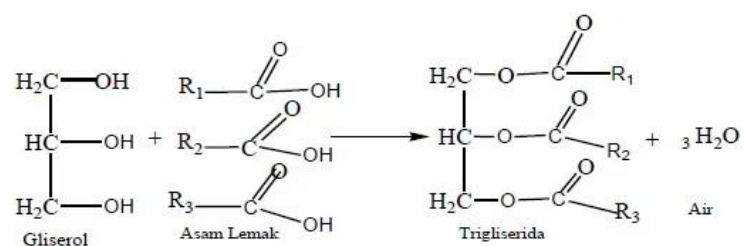
menghasilkan alkohol dan gas karbondioksida. Karbohidrat merupakan makromolekul besar yang terdiri atas karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Rumus umum karbohidrat ialah $C_x(H_2O)_y$.



Gambar 2. 2 Rumus Kimia Karbohidrat

e) Minyak dan lemak

Bahan yang paling umum ditemukan di perairan adalah minyak dan lemak. Lemak dan minyak sangat sulit terurai dalam air limbah. Senyawaan gliserol dari trigliserida menghasilkan minyak dan lemak. Pembentukannya terjadi melalui kondensasi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak, yang biasanya berbeda, yang menghasilkan satu molekul trigliserida dan satu molekul air.

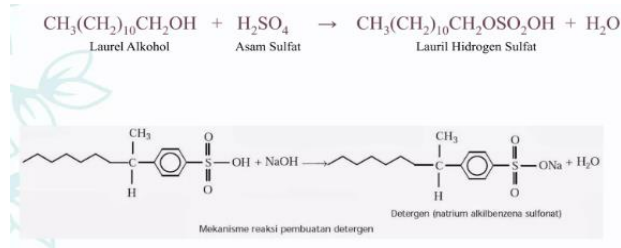


Gambar 2. 3 Rumus Kimia Karbohidrat

f) Detergen

Detergen digunakan untuk membersihkan kotoran, minyak, dan kotoran lainnya serta memisahkan kotoran tersebut. Surfaktan, seperti *Sodium Lauryl Sulfat* (SLS) dan *Linear Alkil Sulfonat* (LAS), berperan sebagai bahan

aktif detergen untuk meningkatkan daya pembersih dan menghasilkan busa serta menghilangkan lemak.



Gambar 2. 4 Rumus Kimia Detergen

g) *Power of Hydrogen* (pH)

Air limbah domestik bersifat netral jika memiliki pH sebesar 6,5 – 7,5, selain itu akan menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem yang berada dalam air dan mempengaruhi reaksi dalam air.

3) Karakteristik biologi

Salah satu parameter sifat biologis yang banyak digunakan adalah jumlah bakteri yang terkandung di dalam air limbah.

b. Dampak Air Limbah

Limbah harus diolah karena dapat membahayakan lingkungan terutama kesehatan manusia. Karena setiap limbah memiliki efek yang berbeda-beda, penanganan limbah tidak hanya sekedar diolah atau mendaur ulang secara langsung tanpa mempertimbangkan jenis limbah dan metode pembuangannya. Limbah merupakan hasil dari proses produksi industri dan rumah tangga, serta limbah alam. Pada titik tertentu, limbah dapat merugikan lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomis. Limbah tersebut terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik dalam hal kimia. Ciri-ciri limbah adalah sebagai berikut:

1) Berukuran mikro, limbah ditandai dengan ukuran dan volume.

Limbah mikro, baik limbah kecil maupun tidak terlihat merupakan salah satu contoh limbah industri yang terdiri dari

bahan kimia yang tidak digunakan dan dibuang yang tidak sesuai dengan metode pengelolaan yang direkomendasikan.

- 2) Dinamis, pencemarannya menyebar dengan cepat dan menyebabkan pencemaran. Limbah biasanya menyebar dalam jangka waktu yang lama dan tidak dapat dideteksi dengan mata telanjang. Ini karena ukuran limbah yang tidak terlihat.
- 3) Berdampak luas (penyebarannya), Limbah ini memiliki dampak yang luas karena ciri-cirinya yang berukuran mikro, yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Salah satu efek yang signifikan yang ditimbulkan adalah adanya keracunan raksa (Hg) yang dikenal sebagai "penyakit Minamata" di Jepang, yang menyebabkan nelayan mengidap paralis, yang berarti tidak dapat bergerak karena kerusakan saraf. Pencemaran raksa (Hg) menyebabkan kejadian ini terjadi di Sungai Jintsu dan Teluk Minamata.
- 4) Berdampak jangka panjang (antar generasi), Dampak yang ditimbulkan limbah khususnya limbah kimia biasanya berdampak pada masyarakat di sekitarnya dan juga dapat berdampak pada keturunannya (Habibi & Marwan, 2018).

2. Limbah Cair Jasa Laundry

a. Laundry

Laundry merupakan salah satu kegiatan rumah tangga dimana deterjen digunakan sebagai salah satu bahan terpenting dalam membersihkan pakaian dan perlengkapan rumah tangga lainnya. Deterjen terdiri dari tiga komponen utama yaitu 20-30% surfaktan (sebagai komponen utama deterjen), 70-80% bahan bangunan (senyawa fosfat) dan 2-8% komponen tambahan (pemutih, rempah-rempah) (Mashitah et al., 2019). Jika limbah laundry ini dibuang langsung ke badan air dapat mengakibatkan eutrofikasi. Eutrofikasi yaitu suatu kondisi dimana suatu perairan diperkaya dengan unsur hara terlarut (Boeykens et al., 2018).

Keadaan ini menyebabkan pembuahan beberapa organisme, pertumbuhan alga dan penurunan kadar oksigen terlarut, yang berujung pada kematian biota akuatik. Hal ini menyebabkan rusaknya organisme yang hidup di dasar laut (Ratnawati et al., 2018). Berdasarkan dampak tersebut di atas, maka diperlukan suatu teknik pengolahan limbah pencucian, yaitu penggunaan adsorpsi karbon aktif. Karbon aktif inilah yang kemudian mengurangi jumlah limbah laundry yang kemudian dialirkan langsung ke badan air (Purwaningrum, 2021). Karbon aktif mempunyai daya serap yang tinggi karena memiliki situs aktif yang dapat lebih efektif menyerap senyawa organik atau anorganik dalam limbah (Lasindrang et al., 2021). Karbon aktif ini dapat mengadsorpsi senyawa tertentu dan kapasitas adsorpsinya bergantung pada besar kecilnya volume pori, luas permukaan dan bahan yang digunakan (Maulinda et al., 2018). Diketahui bahwa produksi karbon aktif dapat berbahan dasar berbagai bahan, salah satunya sampah plastik. Jumlah sampah plastik di dunia terus bertambah setiap tahunnya dan bisa mencapai tingkat yang sangat mengkhawatirkan. Karena itulah lahirlah ide pemanfaatan sampah plastik sebagai karbon aktif. Selain itu juga didukung dengan adanya unsur karbon pada komponen utama produksi plastik (Cundari et al., 2019). Contoh pemanfaatan sampah plastik sebagai karbon aktif didasarkan pada (Hendrianti et al., 2019), dimana karbon aktif yang diperoleh dari sampah plastik polietilen digunakan sebagai media adsorpsi pada pengolahan limbah cair cuci mobil.

b. Jasa Laundry

Jasa laundry adalah jasa yang menyediakan proses pencucian pakaian atau tekstil lainnya secara profesional. Biasanya layanan ini diberikan oleh perusahaan komersial atau pengusaha mandiri yang dilengkapi dengan peralatan cuci khusus dan bahan

kimia yang sesuai untuk membersihkan berbagai jenis kain dan pakaian.

Kesibukan masyarakat perkotaan dengan pekerjaan dan berbagai aktivitas membawa peluang yang sangat besar bagi para pengusaha laundry. Banyak warga yang dibuat bingung dengan tumpukan pakaian, kurangnya waktu untuk menjemur, kurangnya waktu untuk mencuci, hingga para pembantu yang sudah pulang. Kegiatan sehari-hari seperti mencuci pakaian, tidak semua orang menyempatkan diri untuk melakukannya, apalagi mahasiswa yang saat ini sedang disibukkan dengan perkuliahan, mereka enggan untuk mencuci pakaian, melainkan lebih memilih mempercayakan jasa tukang laundry atau pengusaha laundry, karena itu menghemat waktu dan menghasilkan lebih banyak uang untuk fokus menyelesaikan tugas Anda. Warga perkotaan yang menginginkan pakaiannya langsung bersih, rapi dan wangi, hal ini menjadi peluang bisnis yang menarik. Pelanggan dapat membawa pakaian mereka ke tempat laundry atau menggunakan jasa antar-jemput untuk menjemput dan mengembalikan pakaian yang sudah dicuci dan disetrika. Jasa laundry memungkinkan orang untuk memiliki pakaian yang bersih dan rapi tanpa harus melakukan proses mencuci sendiri.

Tujuan dari proses pencucian adalah untuk menghilangkan kotoran, baik pakaian tetap bersih dan bebas dari kotoran dan najis. Proses pembersihannya bisa dilakukan secara manual sehingga membutuhkan tenaga ekstra namun tetap terjamin kebersihannya. Di sisi lain, menggunakan mesin cuci merupakan salah satu alternatif mencuci yang mudah, apalagi jika Anda melakukan cucian dalam jumlah besar.

c. Baku Mutu Air Limbah Cair Laundry

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Cair bagi Industri Dan/ Atau

Kegiatan Usaha Lainnya mempunyai dasar penentuan kualitas air limbah yang dapat dibuang langsung ke badan air. Air limbah laundry memiliki standar lingkungan air limbah dengan kadar maksimal sebesar 100 mg/L :

1) *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD, atau yang biasa dikenal dengan kebutuhan oksigen biologis, adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik (Santoso, 2018). Nilai BOD hanya mengukur jumlah oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik (Wulandari, 2018).

Konsentrasi BOD yang tinggi menunjukkan konsentrasi bahan organik yang tinggi, yang berarti bahwa kadar oksigen yang tinggi diperlukan untuk mendegradasi bahan organik tersebut (Inamura & Fukushi, 2018). Peningkatan konsentrasi BOD dapat menyebabkan peningkatan bau tidak sedap karena amonia, penurunan ketersediaan oksigen terlarut dalam air, penurunan habitat dan keanekaragaman hayati di perairan, dan penurunan jumlah air yang digunakan (Mardhia & Abdullah, 2018).

Jika oksigen yang dibutuhkan mencukupi, biodegradasi aerobik air limbah akan terus dilakukan hingga BOD menjadi ukuran jumlah oksigen yang dikonsumsi akibat masuknya bahan organik biodegradable ke dalam air oleh komunitas mikroba (Pungus et al., 2019). Air limbah dengan BOD tinggi tidak dapat mendukung kehidupan organisme yang membutuhkan oksigen. BOD yang tinggi menyebabkan kekurangan oksigen pada limbah dan kondisi anaerobik pada limbah (Bhutiani et al., 2019).

Terjadi tiga atau lebih proses yang berbeda. Pertama, sebagian air limbah dioksidasi, memberikan energi untuk

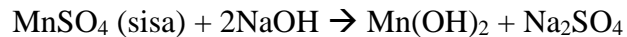
pemeliharaan sel dan pembentukan jaringan sel baru. Di sisi lain, beberapa zat organik dalam limbah diubah menjadi jaringan sel baru melalui energi yang dilepaskan selama proses oksidasi. Sel-sel baru mengkonsumsi jaringan selulernya sendiri untuk memperoleh energi untuk metabolisme sel setelah bahan organik habis. Proses ketiga ini disebut respirasi endogen. CHONS yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur adalah representasi dari jaringan seluler (Bhutiani et al., 2019).

Prinsip pengukuran kebutuhan oksigen biologis (BOD) adalah mengukur konsentrasi awal kandungan oksigen terlarut (DO) awal sampel segera dikirim setelah pengambilan sampel. Inkubasi di tempat gelap pada suhu konstan (20°C) selama 5 hari untuk pengukuran BOD_5 , diukur dalam miligram per liter oksigen (mg/L). Tujuan prinsip pengujian dalam kondisi gelap yaitu untuk berlangsungnya fotosintesis menghasilkan oksigen dan suhu dijaga konstan selama 5 hari. Diharapkan dengan menggunakan oksigen dan menghitung sisa oksigen maka hanya terjadi proses penguraian mikroorganisme (Atima, 2020).

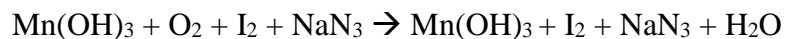
Nilai BOD sampel ditentukan dengan titrasi iodometri sesuai standar SNI 6989.72:2009 menurut Andika et al., (2020). Metode yang digunakan untuk menentukan nilai BOD dengan titrasi winkler adalah titrasi iodometri. Pada metode ini, volume larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) yang digunakan untuk titrasi yodium (I_2) yang dilepaskan. Larutan MnSO_4 dan larutan logam alkali iodida azida terlebih dahulu ke dalam larutan buffer fosfat teroksidasi, sehingga membentuk endapan $\text{Mn}(\text{OH})_3$. Ketika H_2SO_4 ditambahkan endapan yang terbentuk larut kembali dan melepaskan molekul yodium (I_2) yang sesuai dengan oksigen terlarut. Yodium yang dilepaskan kemudian dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hingga terjadi perubahan warna menjadi kuning jerami. Kemudian tambahkan indikator

pati ke dalam larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hingga terjadi perubahan warna dari biru menjadi tidak berwarna. Mekanisme reaksi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

a) Penambahan MnSO_4

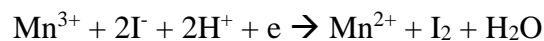
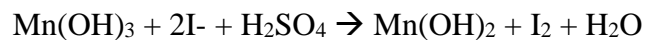


b) Penambahan alkali iodida

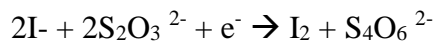
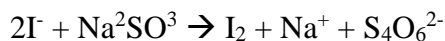


(teroksidasi O_2 dalam air)

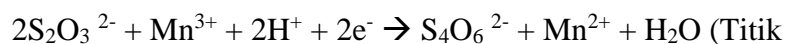
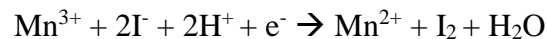
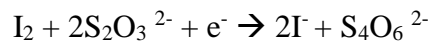
c) Penambahan H_2SO_4



d) Saat Titrasi



e) Reaksi Gabungan



↓
(Biru)

Akhir)

↓
(Tidak Berwarna)

d. Limbah Laundry

Limbah laundry adalah sisa air/air limbah dari proses kegiatan pencucian. Pencucian dilakukan berkali-kali dan sebagian besar deterjen digunakan pada pencucian pertama. Penggunaan deterjen hanya sedikit untuk pencucian kedua, dan penambahan pewangi atau pelembut untuk pencucian ketiga. Air yang digunakan dalam kegiatan laundry digunakan untuk melarutkan deterjen dan kotoran yang menempel pada pakaian. Komposisi air limbah laundry bervariasi dan berasal dari bahan deterjen, pelembut kain, dan kotoran pakaian. Komponen utama air limbah laundry adalah

deterjen. Air limbah deterjen merupakan pencemar lingkungan karena mengandung ABS (*alkyl benzene sulfonate*) yang lebih keras.

Limbah laundry dapat menyebabkan kerusakan ekosistem perairan, termasuk eutrofikasi yang disebabkan oleh tingginya kadar deterjen dan fosfat di dalam air. Eutrofikasi adalah proses dimana tumbuhan dan alga di air tumbuh dan berkembang dengan cepat. Hal ini dapat menyebabkan deoksigenasi kondisi air dan mempengaruhi kualitas air. Eutrofikasi adalah pertumbuhan dan perkembangan pesat tumbuhan dan alga di dalam air. Hal ini dapat menyebabkan kekurangan oksigen di dalam air dan mempengaruhi kualitas air.

e. Dampak Limbah Cair Jasa Laundry

Limbah laundry dapat mempengaruhi kualitas air dan mencemari air yang digunakan untuk mandi dan mencuci, misalnya air yang terkontaminasi tidak lagi dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga. Ketika air terkontaminasi dan tidak dapat lagi digunakan untuk menopang kehidupan manusia, terdapat dampak sosial yang besar dan pemulihannya memerlukan waktu yang lama. Hal ini karena rumah tangga menggunakan banyak air. Jika air terkontaminasi, air tersebut tidak boleh digunakan untuk keperluan industri. Tidak mungkin meningkatkan kualitas hidup masyarakat jika air tidak dapat dimanfaatkan untuk keperluan industri. Airnya sudah terkontaminasi dan tidak bisa lagi digunakan untuk irigasi, sawah, atau kolam ikan. Oleh karena itu, air ini tidak dapat digunakan lagi untuk keperluan pertanian karena airnya sudah terkontaminasi dan tidak dapat digunakan untuk irigasi atau pengairan sawah dan kolam ikan karena mengandung senyawa anorganik yang mengubah pH air secara drastis. (Hasibuan et al., 2023).

3. Metode Pengolahan Air Limbah

Proses pengolahan air limbah terbagi menjadi tiga kategori berdasarkan metode yang digunakan: fisika, kimia, dan biologi. Proses dapat menggunakan salah satu dari tiga metode ini atau bahkan menggunakan ketiganya. Sifat polutan yang diolah dapat menentukan metode yang akan dipilih (Riffat, 2021). Berikut penguraian metode pengolahan air limbah secara fisika, kimia, dan biologi di bawah ini:

a. Proses Pengolahan Air Limbah Secara Fisika

Proses pengolahan fisik merupakan metode yang menggunakan sedimentasi, filtrasi, penyaringan dan beberapa metode lainnya. Prinsip dasar pengolahan air secara fisik adalah menghilangkan padatan tersuspensi dalam air (Riffat, 2021).

1) Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel-partikel yang tersuspensi dalam air karena massa jenis padatan lebih besar daripada massa jenis air. Tujuan dari proses ini adalah untuk memisahkan partikel-partikel dalam larutan yang diolah secara gravitasi.

2) Penyaringan

Penyaringan dalam pengolahan air merupakan langkah ketiga, biasanya dilakukan setelah proses pengolahan kedua. Tujuan dari proses filtrasi adalah untuk menghilangkan sebagian besar partikel tersuspensi sehingga desinfeksi dapat dilakukan dengan lebih efisien. Bahan yang biasa digunakan untuk penyaringan ini antara lain batu kapur, pasir, fly ash, dan dolomit. Proses

b. Pengolahan Air Limbah Secara Biologi

Pengolahan limbah cair secara biologis merupakan proses yang menggunakan bantuan mikroorganisme untuk menghancurkan dan menghilangkan polutan. Pengolahan air biologis dilakukan dengan berbagai cara, termasuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dari air limbah. Tujuan utama proses ini adalah untuk mengurangi atau

menghilangkan konsentrasi bahan organik yang dapat mencemari air (Riffat, 2021). Berbagai metode digunakan dalam proses pengolahan air biologis, antara lain:

1) Metode pengolahan dengan proses lumpur aktif

Prosesnya terdiri dari bak sedimentasi primer, bak aerasi, bak sedimentasi akhir, dan bak klorinasi yang membunuh bakteri patogen. Tujuan dari metode ini adalah untuk menghilangkan bakteri tersuspensi dalam air limbah dalam kondisi aerobik. Oksigen dan nutrisi yang tidak terbatas memungkinkan bakteri tumbuh dan bernapas lebih cepat.

2) Metode pengolahan Air Limbah Dengan Proses Rotating Biological Contactor (RBC)

RBC adalah teknologi pengolahan air limbah yang menggunakan sistem kultur terpasang untuk mengolah air limbah yang mengandung kontaminan organik biologis tingkat tinggi. Cara kerjanya dengan menghubungkan limbah yang mengandung kontaminan organik dengan lapisan mikroorganisme yang menempel pada permukaan media di dalam reaktor.

3) Metode pengolahan air limbah Biofilter “up flow”

Teknologi biofilter ini merupakan metode yang menggunakan beberapa proses pengolahan sedimentasi, filtrasi dan klorinasi. Cara ini biasanya menggunakan batu pecah/penghancur sebagai penyaringnya. Penguraian bahan organik dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau aerobik fakultatif (Riffat, 2021).

c. Proses Pengolahan Air Limbah Secara Kimia

Proses pengolahan air limbah kimia adalah metode penggunaan bahan kimia untuk mengubah larutan air limbah (Riffat, 2021). Di bawah ini adalah beberapa metode proses pengolahan kimia, termasuk koagulasi dan adsorpsi. Koagulasi adalah proses

penggunaan bahan kimia untuk mengendapkan partikel atau bahan tersuspensi. Sementara adsorpsi, menggunakan adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben untuk menghilangkan molekul terlarut.

4. Fitoremediasi

a. Pengertian

Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan dalam mengatasi pencemaran lingkungan karena tumbuhan tersebut memiliki kemampuan untuk menyerap, mereduksi, dan mendegradasi polutan atau bahan-bahan pencemar organik maupun anorganik (Andik & Gustaman, 2020). Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan hijau yang bekerja sama dengan mikroorganisme di tanah atau air untuk mengurangi atau mengubah kontaminan (polutan) berbahaya sehingga menjadi aman untuk lingkungan hidup. Fitoremediasi termasuk metode yang efektif dalam pengolahan limbah karena dinilai ekonomis dan ramah lingkungan untuk memulihkan kawasan tercemar (Puspawati, 2018).

Kerugian dari fitoremediasi adalah prosesnya memakan waktu dan beberapa spesies tanaman tidak dapat ditanam di kawasan yang sangat terkontaminasi. Namun keunggulan fitoremediasi adalah tidak mengganggu ekosistem dan dapat memberikan nilai tambah yang signifikan terhadap lahan melalui estetika. Metode ini memerlukan sedikit usaha, tidak mahal, dan fitoremediasi dilakukan di luar lokasi. Banyak negara telah mencoba metode ini dengan menggunakan teknik yang berbeda (Antonio et al., 2018).

Proses penyerapan metode fitoremediasi artinya akar tanaman menyerap zat-zat pencemar yang ada di dalam air kemudian memindahkannya ke bagian atau organ tanaman yang lain, seperti batang dan daun, sehingga air yang diperoleh setelah

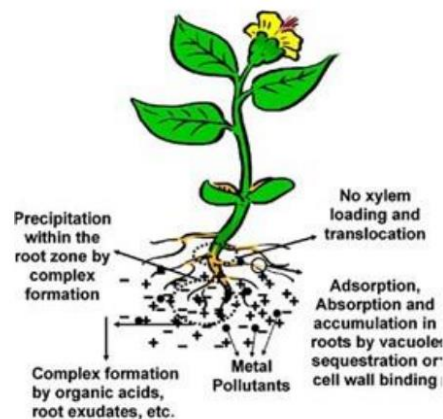
fitoremediasi dapat menghilangkan zat-zat pencemar tersebut (Novita et al., 2021).

Fitoremediasi tanaman dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *in situ* atau langsung di tempat kontaminasi, dan *ex situ* atau dengan cara mengambil sampel kemudian dibawa ke bak buatan untuk pengolahan limbah. Tanaman yang dapat dijadikan sampel meliputi seluruh organ tanaman baik akar, batang, daun maupun dalam bentuk kultur jaringan (Pratama, 2018).

Metode penyembuhan yang disebut fitoremediasi ini didasarkan pada peran tanaman dalam menyerap, mendegradasi, mengubah dan melumpuhkan polutan, serta logam berat dan senyawa organik (Nurmitha et al., 2020). Mekanisme kerja perlindungan tanaman terdiri dari beberapa konsep dasar yaitu ekstraksi tanaman, fitoevaporasi, dekomposisi tanaman, stabilisasi tanaman, rhizofiltrasi, dan interaksi dengan mikroorganisme pencemar (Nurmitha et al., 2020). Mekanisme kerja perlindungan tanaman terdiri dari beberapa konsep dasar, yaitu ekstraksi tanaman, fitoevaporasi, dekomposisi tanaman, fitostabilisasi, rhizofiltrasi, dan interaksi dengan mikroorganisme pencemar.

- 1) Fitoekstraksi merupakan penyerapan polutan oleh tanaman dari air atau tanah dan kemudian diakumulasi/disimpan didalam tanaman (daun atau batang), tanaman seperti itu disebut dengan hiperakumulator. Setelah polutan terakumulasi, tanaman bisa dipanen dan tanaman tersebut tidak boleh dikonsumsi tetapi harus di musnahkan dengan insinerator kemudian di landfiling .
- 2) Fitovolatilisasi merupakan proses penyerapan polutan oleh tanaman dan polutan tersebut dirubah menjadi bersifat volatile (menguap) dan kemudian ditranspirasikan oleh tanaman. Polutan yang di lepaskan oleh tanaman ke udara bisa sama seperti bentuk senyawa awal polutan, bisa juga menjadi senyawa yang berbeda dari senyawa awal.

- 3) Fitodegradasi adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman dan kemudian polutan tersebut mengalami metabolisme didalam tanaman. Metabolisme polutan didalam tanaman melibatkan enzim antara lain nitrodictase, laccase, dehalogenase dan nitrilase.
- 4) Fitostabilisasi merupakan proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mentransformasi polutan didalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut kedalam tubuh tanaman. Hasil transformasi dari polutan tersebut tetap berada didalam tanah.
- 5) Rhizofiltrasi adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman tetapi biasanya konsep dasar ini berlaku apabila medium yang tercemarnya adalah badan perairan. Mekanisme kerja tanaman pada fitoremediasi bisa dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 5 Mekanisme Kerja Tanaman

Sumber Ainun Mahbubillah, 2018

5. Bambu Air

a. Deskripsi Tumbuhan Bambu Air (*Equisetum hyemale*)

Kata *Equisetum* berasal dari kata *equus* yang berarti kuda, dan *saeta* yang berarti rambut tebal dalam bahasa latin, sehingga

tumbuhan yang termasuk dalam genus tersebut disebut juga paku ekor kuda. Spesies dalam genus ini biasanya tumbuh di lingkungan basah, seperti kolam dangkal, tepian sungai atau rawa. Pakis *Equisetum* termasuk dalam kelompok *Sphenophyta*. *Equisetum* paling umum ditemukan di belahan bumi utara (Lansdown, 2014).

Equisetum biasanya tidak lebih dari 1,3 meter (4 kaki), tetapi ada beberapa spesies yang tumbuh di wilayah tropis dan pantai hutan tropis California yang memiliki tinggi hingga 4,6 meter atau sekitar 15 kaki. Sebagian besar proses fotosintesis terjadi di batang *Equisetum*, yang memiliki cabang yang menyebar sepanjang batangnya. Terdapat 25 jenis marga *Equisetum* hidup di darat dan sebagian lainnya di rawa-rawa. Ada perdebatan taksonomi tentang apakah kelompok ekor kuda atau bambu air termasuk kelas tumbuhan paku, *Equisetophyta* (*Sphenophyta*), atau hanya kelas tumbuhan paku, *Equisetopsida* (*Sphenopsida*). Hasil analisis molekular menunjukkan bahwa ada hubungan yang dekat dengan *Marattiopsida* (Lansdown, 2014).

b. Klasifikasi Tumbuhan Bambu Air (*Equisetum hyemale*)

tanaman bambu air (*Equisetum hyemale*) mempunyai kedudukan taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Filum : -
Divisi : *Pteridophyta*
Kelas : *Equisetopsida*
Ordo : *Equisetales*
Famili : *Equisetaceae*
Genus : *Equisetum*
Spesies : *Equisetum hyemale*
Nama Nasional : Bambu Air



Gambar 2. 6 Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*)
(Sumber: Lansdown, 2014)

Equisetum hyemale hanya mempunyai satu jenis batang, yaitu batang berwarna hijau berongga yang bagian atasnya berbentuk kerucut, sehingga batang tersebut mempunyai peranan ganda, baik sebagai batang generatif maupun sebagai batang vegetatif. Spora berkumpul dalam formasi tertentu, seperti kerucut dibagian atas batang. Poros sentral utama kerucut ini terspesialisasi di gelungan-gelungan tersebut dengan struktur penghasil dan penunjang sporangium, sporangiofor. Masing-masing sporangiofor terdiri dari lempengan berbentuk heksagonal yang diikat pada kerucut oleh tangkai pendek (Permadi, 2019).

Equisetum hyemale tumbuh pada tanah dan hidup di danau. Batang hijau beruas-ruas dengan lubang di tengahnya berfungsi sebagai organ fotosintetik pengganti daun. Batangnya dapat bercabang. Batang utama dikelilingi oleh cabang duduk. Silika banyak ditemukan dalam batang ini. Semua anggota tumbuhan ini memiliki daun yang tidak berkembang baik yang menyerupai sisik yang duduk berkarang yang menutupi ruasnya. Spora disimpan pada strobilus (jamak strobili), yang terbentuk pada ujung batang (apical) (Silalahi, 2019).

6. Aklimatisasi

Proses adaptasi atau penyesuaian organisme terhadap lingkungan baru disebut aklimatisasi. Ini terjadi ketika lingkungan tanaman beralih dari kondisi heterotrof yang baik ke kondisi autotrof yang baru (Nikmah *et al.*, 2018).

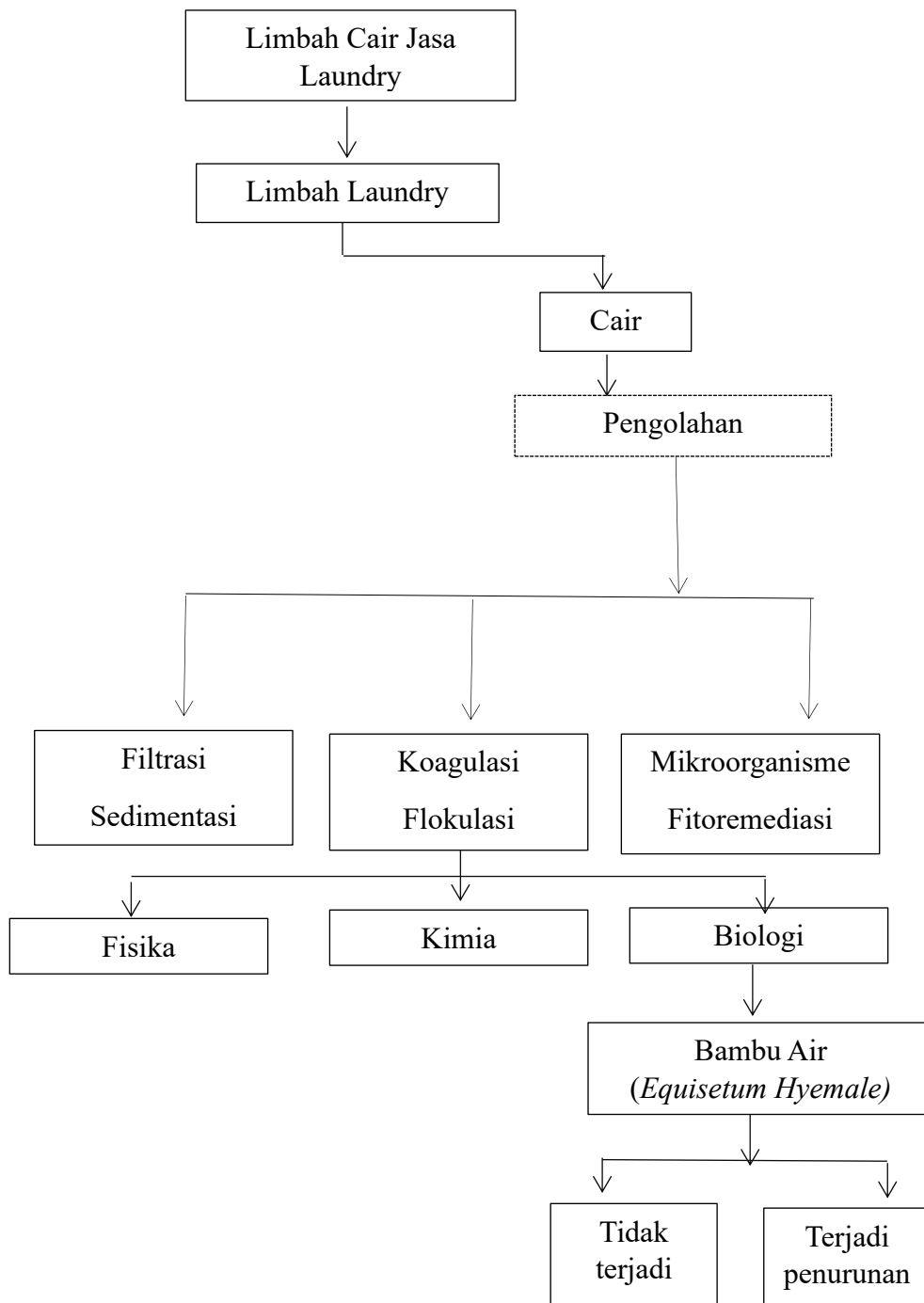
Adaptasi planlet dari kondisi kultur *in vitro* yang terkendali ke kondisi lingkungan *ex vitro* yang tidak terkendali adalah bagian dari proses kultur jaringan yang sangat penting bagi pecinta tanaman. Diharapkan bahwa aklimatisasi akan membantu tanaman menyesuaikan diri dari hasil kultur jaringan terhadap lingkungan sekitarnya. Namun, proses aklimatisasi pada tanaman sangat sulit untuk dilakukan karena waktunya bervariasi dan bergantung pada kondisi faktor lingkungan yang ada di sana.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman pada proses aklimatisasi antara lain lokasi penanaman, intensitas cahaya, kelembaban, dan suhu ruangan. Sangat penting untuk memahami beberapa faktor ini. Jika hal-hal tersebut tidak dipahami dan melakukan kesalahan dalam proses adaptasi maka tanaman dan benih akan mati (Sukmadijaya *et al.*, 2018).

Waktu yang diperlukan untuk proses adaptasi sangat bervariasi tergantung pada derajat perbedaan kondisi antara kondisi lingkungan baru dan asli. Aklimatisasi dapat memakan waktu sehari-hari hingga berminggu-minggu (Nurmalinda dan Agus, 2018).

C. Kerangka Teori

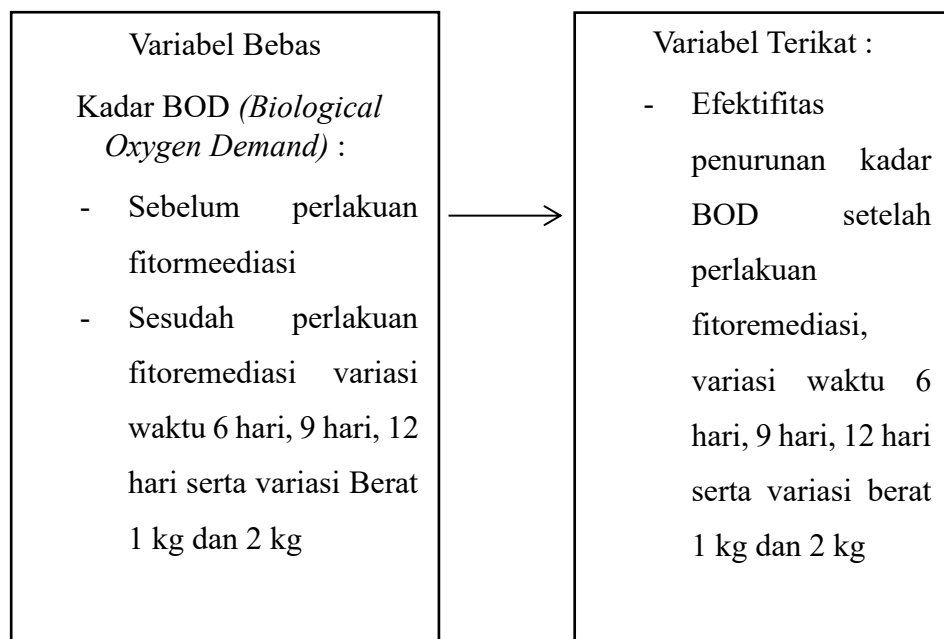
Kerangka teori tugas akhir judul “Fitoremediasi Bambu air (*Equisetum hyemale*) Dalam Penurunan BOD Limbah Cair Laundry”, yaitu:



Gambar 2. 7 Kerangka Teori

D. Kerangka Konsep

Kerangka konsep tugas akhir judul “Fitoremediasi Bambu air (*Equisetum hyemale*) Dalam Penurunan BOD Limbah Cair Laundry” sebagai berikut:



Gambar 2. 8 Kerangka Konsep