

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Limbah merupakan sisa suatu usaha dan kegiatan yang tidak baik untuk lingkungan karena limbah tidak mempunyai nilai ekonomis. Limbah merupakan bahan yang tak terpakai dari sumber aktivitas manusia atau juga proses alam. Limbah yang berasal dari proses produksi suatu industri apabila langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukannya proses pengolahan terlebih dahulu, maka akan dapat memberikan dampak negatif untuk lingkungan seperti eutrofikasi pada perairan yang menyebabkan kematian biota perairan (Pinontoan, 2019).

Berdasarkan sifatnya, limbah dikelompokkan menjadi tiga, yaitu limbah padat, gas, dan cair. Limbah cair merupakan sisa buangan hasil suatu proses yang sudah tidak dipergunakan lagi, baik berupa sisa industri, rumah tangga, peternakan, pertanian, dan sebagainya. Limbah cair industri biasanya berasal dari bekas cucian peralatan produksi, laboratorium, rumah tangga, kamar mandi dan bahan bekas reagensia laboratorium. Jika langsung dibuang limbah cair ini berbahaya bagi lingkungan (Purba et al, 2024)

Contoh limbah cair yaitu limbah cair domestik dan limbah cair industri. Berdasarkan konsentrasinya, limbah cair dikelompokkan menjadi tiga, yaitu konsentrasi rendah, sedang dan tinggi. Konsentrasi tinggi pada limbah cair kadang mendapatkan perlakuan seperti dikentalkan konsentrasinya, diolah, kemudian didaur ulang atau dibuang sebagai limbah padat. Konsentrasi medium dapat diolah pada lokasi sumber limbah, sedangkan konsentrasi rendah dapat langsung dibuang ke lingkungan dengan syarat telah sesuai dengan Baku mutu. Limbah cair industri merupakan buangan dari proses produksi di industri dalam bentuk cairan yang asalnya dari penggunaan air dalam proses produksinya atau pencucian serta memiliki berbagai karakteristik tergantung pada jenis industri, proses dan bahan Bakunya (Ramadhini, 2022).

2.2 Limbah Cair Laundry

Limbah laundry merupakan air sisa/air buangan dari kegiatan pencucian. Pencucian dilakukan beberapa kali, penggunaan deterjen paling banyak dilakukan pada pencucian pertama. Pencucian kedua hanya menggunakan deterjen yang sedikit, sedangkan pencucian ketiga dilakukan penambahan pengharum atau pelembut. Air pada kegiatan laundry digunakan untuk melarutkan deterjen dan juga kotoran yang menempel di pakaian. Air limbah laundry memiliki kandungan yang bervariasi, berasal dari komposisi deterjen, pelembut pakaian dan komposisi kotoran dari pakaian. Komposisi yang paling dominan dari air limbah laundry adalah kandungan dari deterjen (Kurniati dan Mujiburohman 2020).

2.3 Baku Mutu Air Limbah Laundry

Penelitian ini menggunakan baku mutu air sungai kelas 3 yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Sungai Dan Sejenisnya

No	Parameter	Parameter Kadar Maximum (mg/l)
1	COD	40
2	TSS	100

2.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical oxygen demand atau COD menunjukkan jumlah oksigen terlarut (mg O₂) yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi K (kalium dikromat) biasanya digunakan sebagai sumber oksigen (Kurniati dan Mujiburohman 2020). Chemical Oxigen Demand (COD) didefinisikan sebagai kebutuhan oksigen dalam mengoksidasi zat organik dalam 1 liter air dengan menggunakan oksidator kalium dikromat. Terdapatnya nilai COD di dalam air adalah salah satu indikator parameter pencemar akibat kandungan organik, baik yang bersumber dari limbah cair rumah tangga maupun limbah cair industri (Handika et al, 2023). Kadar COD adalah

pengukuran jumlah polutan organik dalam air yang dapat teroksidasi secara alami melalui proses biologis dan mengakibatkan penurunan jumlah oksigen terlarut di dalam air. Peningkatan COD akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Saputri et al 2023).

2.5 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total suspended solid (TSS) adalah jumlah material padat tersuspensi dalam suatu volume cair tertentu. TSS sendiri mencerminkan jumlah kepekatan padatan dalam sampel air (Kurniati dan Mujiburohman 2020). TSS atau Total Suspended Solid adalah padatan yang terdapat pada air tetapi berbeda dengan TDS yang dapat larut, TSS sendiri tidak dapat larut dalam air karena TSS adalah hasil penyaringan dari padatan terlarut (Dewi dan Alfiah, 2022) Total suspended solids (TSS) merupakan material endapan yang melayang pada kolom perairan yang bergerak tanpa menyentuh dasar perairan yang dipengaruhi oleh adanya masukan dari daratan, aliran sungai dan juga faktor oseanografi perairan. TSS erat kaitannya dengan sedimentasi, yang dapat memberi dampak negatif kepada ekosistem perairan (Yonar et al 2021).

2.6 Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair dibedakan menjadi tiga, yaitu pengolahan secara kimia, fisika, dan biologis (Martini et al, 2020).

1. Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia adalah proses pengolahan limbah yang menguraikan atau memisahkan bahan yang tidak diperlukan dengan adanya penambahan bahan kimia ke dalam proses yang meliputi pengendapan secara kimia, perpindahan gas, adsorpsi, dan desinfeksi.

2. Pengolahan secara fisika

Pengolahan secara fisika pada limbah cair yaitu memisahkan secara mekanis langsung tanpa adanya penambahan bahan kimia ataupun penghancuran secara biologis. Pengolahan ini meliputi *screening*, mereduksi padatan, penyeragaman aliran, pencampuran, penggumpalan, pengendapan, pengapungan, dan filtrasi.

3. Pengolahan secara biologis

Pengolahan secara biologis yaitu berdasarkan aktivitas mikroorganisme dalam kondisi aerobik atau anaerobik untuk mengabsorpsi senyawa kimia dalam limbah cair. Sistem biofilter merupakan salah satu pengolahan air limbah yang dilakukan dengan cara mengalirkan atau memasukkan limbah cair ke dalam reaktor yang telah diisi oleh media yang memiliki luas permukaan yang besar. Media ini akan tumbuh mikroorganisme yang melapisi seluruh permukaannya dan membentuk biofilm. Limbah cair yang ada di dalam reaktor tersebut akan langsung kontak dengan lapisan tersebut. (Said dan Sya'bani, 2019).

2.7 Biofilter

Filter biologis (biofilter) adalah proses oksidasi zat organik dan zat anorganik oleh mikroorganisme dalam proses pengolahan tanah, air, dan limbah cair. Keuntungan dari teknologi biofilter adalah mudah digunakan, memiliki daya keluaran dari curah hujan yang rendah (pengeluaran lumpur mudah), tahan terhadap fluktuasi aliran dan muatan (densitas), memiliki kinerja penyisihan polutan yang sangat baik dalam pengolahan limbah cair dan daya apung yang baik. Oleh karena itu, teknologi biofilter telah banyak dikembangkan (Ariyanti dan Noerhayati, 2024). Pengolahan air limbah dengan sistem biofilter atau biofilm dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yang diisi dengan media, air limbah di dalam reaktor dikontakkan dengan biofilm yang akan menguraikan polutan yang ada di dalam air limbah tersebut.

2.8 Biofilter Anaerob

Biofilter anaerob adalah pemanfaatan mikroorganisme untuk mengurai senyawa organik tanpa oksigen. Pengolahan ini termasuk ke pengolahan biologis yang dianggap efektif karena dapat mendegradasi bahan organik yang tinggi. Dalam prosesnya, mikroorganisme akan melekat pada media yang bertujuan untuk mengembangbiakkan mikroorganisme tersebut. Media yang digunakan dalam pengolahan biofilter anaerob ini adalah media *bioball* (Fitri, 2021).

Pengolahan secara anaerob merupakan sistem pengolahan yang berlangsung di lingkungan bebas oksigen. Variasi pada pengolahan anaerob tidak sebanyak proses aerob. Proses anaerob dianggap efektif dalam mengolah air limbah yang pekat sehingga biasanya menjadi tahapan awal dalam pengurangan bahan-bahan organik (Timpua dan Pianaung, 2019). Proses anaerob memanfaatkan mikroorganisme aktif dalam kondisi tanpa oksigen, yang mana proses tersebut menunjukkan fermentasi metana. Akibat fermentasi metana oleh mikroba anaerob, bahan organik kompleks seperti karbohidrat, lemak, dan protein akan terurai menjadi metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Pengolahan anaerob diterapkan untuk pengolahan air limbah dan lumpur dengan konsentrasi tinggi. Sering ditemukan pengolahan anaerobik dikombinasikan dengan pengolahan aerob (Timpua dan Pianaung, 2019).

Kelebihan dari pengolahan limbah dengan biofilter anaerob adalah potensi untuk mengolah limbah dengan beban organik yang tinggi, ketahanan terhadap fluktuasi debit limbah, pemeliharaan dan pengoperasian yang mudah dan hemat energi, kapasitas penyisihan COD dan padatan yang tinggi. Selain itu biofilter anaerob memiliki biaya operasi dan pemeliharaan yang lebih rendah, membutuhkan lebih sedikit energi, menghasilkan lebih sedikit lumpur dari proses pengolahan dan dapat digunakan sebagai energi terbarukan. Kelemahannya adalah kemungkinan terjadinya penyumbatan, sehingga diperlukan ketelitian dalam desain, reduksi nutrisi dan patogen relatif rendah, memerlukan waktu start-up agar terbentuknya lapisan biofilm juga untuk mengurangi efek dari amoniak dan sulfida (Sirajuddin dan Saleh, 2020). Kriteria desain biofilter anaerob dapat dilihat pada **Tabel 2.2** sebagai berikut.

Tabel 2.2 Kriteria Desain Biofilter Anaerob

No.	Kriteria	Range	Satuan
1	Waktu detensi (h)	10 - 18	Jam
2	Volume media biofilter dari kompartemen biofilter	40 - 70	%

3	Beban TSS per luas permukaan media/ <i>surface loading rate</i>	5 - 30	(g/m ²)
4	Beban TSS per volume media/ <i>organic loading rate</i>	0,7 - 4,7	(kg/m ³ .d)
5	Konsentrasi lumpur	1 - 4	%

Sumber: RSNI3 9294:2024

2.9 Media *Bioball*

Media *bioball* digunakan dengan tujuan untuk tempat melekatnya dan mengembangbiakkan mikroorganisme. Keuntungan dari media ini adalah luas permukaannya besar dibandingkan media biofilter lainnya yaitu 200-240 m², pemasangannya mudah dan mudah didapatkan, ringan dan mudah dicuci ulang. *Bioball* yang berbentuk bola dengan diameter 3 cm (paling kecil) yang dapat meminimalkan terjadinya *clogging* (tersumbat) (Pramita et al, 2020). Ketika mikroorganisme sudah cukup stabil, maka biomassa dari Reaktorteri akan tumbuh secara berkala sehingga lapisan pada biofilm yang awalnya tipis akan menjadi tebal. Kondisi ini membuat difusi makanan dan oksigen akan semakin sedikit sehingga hanya Reaktorteri yang diluar saja yang bekerja secara maksimal. Akibatnya, mikroorganisme pada bagian dalam akan mengalami tahap respirasi endogeneous, atau Reaktorteri lapar sehingga untuk mempertahankan hidup, Reaktorteri memanfaatkan sitoplasmanya. Oleh karena itu, mikroorganisme dapat kehilangan kemampuannya untuk bertahan (menempel) pada *bioball* dan terlepas dari biofilter. Apabila mikroorganisme yang mati terdapat dalam celah kecil pada *bioball*, maka mikroorganisme tersebut akan tetap berada pada biofilter dan hal ini dapat menambah beban organik sehingga kemampuan untuk mengurangi senyawa organik secara optimal tidak dalam jangka waktu yang lama. *Bioball* dimasukkan secara acak ke dalam reaktor sehingga dinamakan *random packing*. Media ini relatif tahan terhadap penyumbatan dan memiliki fraksi rongga yang baik (Dewi dan Masitoh, 2019).

2.10 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman dan mikroorganisme terkait untuk mereduksi kandungan limbah. Tanaman yang digunakan dalam metode fitoremediasi juga sangat bervariasi. Tanaman tersebut harus memiliki karakteristik yang mampu menyerap kontaminan yang terdapat di dalam limbah (Novita et al, 2019). Fitoremediasi merupakan pembersihan senyawa organik yang ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari sesuai dengan konsep yang menggunakan alam dalam membersihkan lingkungan, serta sebagai teknologi remediasi yang bisa menggunakan kemampuan yang melekat pada tumbuhan hidup. Di daerah tropis, potensi teknologi tinggi karena kondisi iklim yang mendukung pertumbuhan tanaman dan memancing aktivitas mikroba (Sukono et al, 2020).

Beberapa strategi fitoremediasi secara umum atau penelitian antara lain berpotensi menyerap dan mentranspirasi air dari dalam tanah, potensi air tanah diserap oleh akar dan potensi tumbuhan dalam menyerap polutan lalu diuraikan melalui metabolisme dalam jaringan tumbuhan. Kemampuan ini mendorong biodegradasi oleh mikroba yang berkaitan dengan akar serta potensi tumbuhan dalam mengurangi logam dalam jumlah besar dan ekonomis (Tampubolon, 2020). Mekanisme dan efisiensi fitoremediasi bergantung pada jenis kontaminan, ketersediaan hayati dan sifat tanah. Ada beberapa cara tanaman atau tumbuhan untuk membersihkan lingkungan yang terkontaminasi. Penyerapan kontaminan pada tanaman terjadi terutama melalui sistem akar karena mekanisme utama dalam mencegah toksisitas ada pada akar. Sistem akar menyediakan luas permukaan yang sangat besar yang menyerap dan mengakumulasi air dan nutrisi penting untuk pertumbuhan bersama (Sukono et al, 2020).

2.11 Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Sebagai Fitoremediator

Kayu apu (*Pistia stratiotes*) adalah salah satu tanaman fitoremediator yang mempunyai kemampuan dalam menyerap limbah baik berupa zat organik, anorganik bahkan logam berat (Audyanti et al, 2019). Kemampuan akar tanaman kayu apu dapat melakukan pemisahan terhadap zat yang dapat mengendap

dan zat yang tersuspensi memudahkan bagi mikroba perombak untuk mendegradasi bahan organik pada limbah cair, dimana hasil perombakannya dapat digunakan sebagai nutrisi bagi pertumbuhan tanaman (Marenda et al, 2024).

2.12 Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Tanaman kayu apu memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar senyawa organik maupun anorganik pada limbah cair. Kayu apu juga dimanfaatkan sebagai pembersih air sungai yang kotor karena akar dari tanaman kayu apu dapat mengikat lumpur yang berada di sungai. Morfologi tanaman kayu apu biasanya memiliki tinggi 5-10 cm. Akarnya lebat, lebar, panjang dan mengapung di permukaan air. Kayu apu tidak memiliki organ batang, berdaun tunggal berbentuk solet seperti bunga. Ujung daun membulat dan pangkal daun meruncing, tepi daun melekuk dengan panjang 2-10 cm. Daun kayu apu tidak memiliki lapisan lilin, berwarna hijau kebiruan, bertulang daun sejajar, dan termasuk kedalam tanaman monokotil (Dewi et al 2022) Tanaman kayu apu dapat dilihat pada **Gambar 2.1** dan Klasifikasi tanaman kayu apu dapat dilihat pada **Tabel 2.3**



Gambar 2.1 Tanaman Kayu Apu
(Sumber: Pratiwi, 2021)

Tabel 2.3 Klasifikasi Kayu Apu

Kerajaan	Plantae (tumbuhan)
Sub-kerajaan	Tracheobionta
Superdivisi	Spermatophyta
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Liliopsida
Sub-kelas	Arecidae
Ordo	Arales
Famili	Araceae
Genus	Pistia
Spesies	<i>Pistia stratiotes L.</i>

(Sumber: Pratiwi, 2021)

Akar tanaman dari tanaman kayu apu adalah akar serabut, yang pada lapisan atas perairan akan terjurai dan sangat mampu dalam menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian itu. Tanaman kayu kapu sama halnya dengan tumbuhan air lainnya karena dapat berperan aktif menghasilkan oksigen pada sistem perairan. Hal ini dapat terjadi karena adanya lubang-lubang saluran udara yang terbentuk dari ruang antar sel yang dimiliki oleh tanaman air yang berfungsi sebagai penyimpanan oksigen bebas (Pratiwi, 2021).

2.13 Hasil Review Jurnal

Berikut ini adalah hasil review jurnal penelitian oleh peneliti sebelumnya:

Tabel 2.4 Hasil Review Jurnal

No	Jurnal	Penulis	Judul	Metode	Hasil/Kesimpulan
1.	Jurnal Ilmu Lingkungan Volume 21 Issue 2 : 403-407 (2023) Terindeks Sinta 2	Sri Sumiyati, Endro Sutrisno, Sudarno Sudarno, Fadhil Wicaksono	Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Teknologi Hybrid Bioreaktor Biofilm – Fitoremediasi	Pada penelitian ini peneliti mengkombinasikan 2 pengolahan yaitu biofilm dan fitoremediasi	Pada penelitian ini menunjukkan pengolahan dengan <i>hybrid</i> bioreaktor biofitoremediasi dapat menurunkan konsentrasi COD, BOD dan, TSS dengan efisiensi berturut-turut 87%, 89%, dan 96%
2.	Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya Vol. 10 No. 2 (2023) Terindeks Sinta 4	Dewi, Prahmawati	Efektivitas Fitoremediasi Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.) Dalam Memperbaiki Kualitas Air	Fitoremediasi menggunakan kayu apu sebagai fitoremediator dalam memperbaiki kualitas air	Hasil eksperimen tanaman kayu apu efektif dalam memperbaiki kualitas air dengan adanya rerata ph, suhu dan kondisi air yang signifikan dapat memperbaiki kualitas air yang tercemar

No	Jurnal	Penulis	Judul	Metode	Hasil/Kesimpulan
3.	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 801 (2020)	Netti Herlina, Annisa Khairani dan Safrina shiddiq	Study Of Anaerobic Biofilter Tofu Wastewater Treatment With <i>Bioball</i> Media And Phytoremediation By Kiambang (<i>Salviniamolesta</i>)	Mengolah limbah cair tahu dengan kombinasi biofilter dan fitoremediasi dengan media <i>bioball</i> dan tanaman kiambang sebagai fitoremediator	Pada pengukuran COD pada biofilter dengan waktu tinggal 6 hari memiliki efisiensi 66,66% dan TSS sebesar 74%, pada fitoremediasi dengan waktu pengolahan 7 hari efisiensi COD dan TSS secara berturut-turut sebesar 58,06% dan 89,1%