

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penyusunan tugas akhir dengan judul “Pemanfaatan *Spirulina platensis* Dan Biofilter Aerobik Dalam Pengolahan Limbah Cair *laundry*” didasari pada beberapa penelitian terdahulu. Berikut adalah perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yang dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	Fitria <i>et al.</i> , (2023)	Pengaruh simbiosis EM4 dan <i>Spirulina sp</i> dalam penurunan kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dan fosfat	Pengaruh konsentrasi EM4, aerasi dan waktu tinggal pada pengolahan limbah <i>laundry</i> menggunakan simbiosis mutualisme mikroalga <i>Spirulina sp.</i> dengan EM4 memberikan hasil bahwa penurunan COD tertinggi sebesar 83.0% dari kadar awal 1551.70 mg/L menjadi 263.50	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis <i>spirulina</i> yang digunakan adalah <i>Spirulina platensis</i>. • Penambahan pengolahan dengan menggunakan biofilter aerobik.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>mg/L terjadi pada reaktor dengan penambahan EM4 5%, dengan penambahan aerasi pada hari ke-3, penurunan PO4-P tertinggi sebesar 48.15% dari konsentrasi awal 21.60 mg/L menjadi 11.20 mg/L terjadi pada reaktor dengan penambahan EM4 5% dengan aerasi pada hari ke-6</p>	
2.	Nurdiana <i>et al.</i> , (2021)	<p>Membandingkan kemampuan <i>Spirulina platensis</i> dan <i>Chlorella sp.</i> dalam menurunkan nitrat dan fosfat pada limbah domestik.</p>	<p>Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> memiliki kinerja yang lebih efektif dalam menyisihkan konsentrasi nitrat dan fosfat daripada mikroalga <i>Chlorella sp.</i> Hasil optimum penyisihan nitrat</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah yang diolah adalah limbah cair <i>laundry</i>. • Metode pengolahan yang digunakan adalah kultivasi <i>Spirulina platensis</i>

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			dan fosfat terjadi pada variasi rasio perbandingan 1:2 dengan persen penyisihan tertinggi sebesar 80,24% dan 83,58% pada hari kelima.	<ul style="list-style-type: none"> Parameter yang diukur adalah COD, Fosfat, dan Surfaktan
3.	Herlina <i>et al.</i> , (2019)	Penyisihan COD, TSS, dan surfaktan pada limbah <i>laundry</i> dengan kombinasi reaktor biofilter anaerobik dan aerobik dengan prinsip pertumbuhan mikroba dan ditempelkan pada media filter <i>bioball</i>	<p>Penelitian dilakukan dengan tiga variasi debit 0,625 l/jam, 0,833 l/jam dan 1,25 l/jam. Persentase penyisihan COD yang dicapai masing-masing debit adalah 82%, 83%, dan 81%. Untuk surfaktan, adalah 99%, 98%, dan 93%. Kemudian untuk TSS, adalah 92%, 91%, dan 87%. Berdasarkan hasil pengujian terhadap</p>	<ul style="list-style-type: none"> Penambahan pengolahan pertama dengan menggunakan kultivasi <i>Spirulina platensis</i>. Pengukuran parameter COD, Fosfat, dan Surfaktan.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>limbah pengolahan kombinasi anaerobik dan aerobik dengan media <i>bioball</i>, ketiga parameter parameter COD, Surfaktan dan TSS telah memenuhi baku mutu yang melekat pada PerMen LH No.5/2014 dan PerMen LHK No. 68/2016.</p>	
4.	Sani, <i>et al.</i> , (2019)	Menentukan efisiensi penurunan kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dan Fosfat pada pengolahan air limbah <i>laundry</i> secara	Efisiensi penurunan TSS mencapai 91% dengan konsentrasi TSS awal 196 mg/l hingga 16,9 mg/l. Variasi massa alga sebanyak 50-gram efektif menurunkan konsentrasi COD dan Fosfat pada air	<ul style="list-style-type: none"> • Metode pengolahan dengan biofilter aerobik. • Alga yang digunakan adalah <i>Spirulina platensis</i>. • Parameter yang diukur adalah COD, Fosfat,

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		anaerobik dan fitoremediasi dengan alga <i>Hydrillaverticillata</i>	limbah <i>laundry</i> dengan konsentrasi awal COD 464,92 mg/L menjadi 73,85 mg/L sedangkan konsentrasi awal fosfat 5,6 mg/L hingga 4,2 mg/L	dan Surfaktan
5.	Switarto, (2012)	Mengukur efisiensi kombinasi penggunaan media zeolit, batu apung, pecahan genteng, dan karbon aktif yang digunakan dalam reaktor biofilter untuk menurunkan kandungan detergen dalam limbah	Biofilter aerobik dengan menggunakan kombinasi media pecahan genteng dan karbon aktif mampu mereduksi konsentrasi detergen pada limbah <i>laundry</i> dengan tingkat efisiensi rata-rata sebesar 96%.	<ul style="list-style-type: none"> • Penambahan pengolahan pertama menggunakan kultivasi <i>Spirulina platensis</i> • Media biofilter aerobik yang digunakan adalah karbon aktif, zeolit, pecahan genteng dan batu bata. • Parameter yang diukur adalah COD, Fosfat, dan Surfaktan

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<i>laundry</i>		

2.2. Teori Relevan

2.2.1. Air Limbah

Air limbah merupakan buangan dari berbagai aktivitas manusia, seperti rumah tangga, industri, pertanian, dan bahkan air hujan yang terkontaminasi, yang mengandung bahan – bahan yang berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup (Amri, 2015). Air limbah domestik atau air limbah rumah tangga merupakan air yang dihasilkan dari kegiatan manusia di dalam rumah atau gedung perumahan. Air limbah domestik umumnya mengandung bahan organik, bahan kimia, dan kotoran yang dapat mencemari perairan apabila tidak diolah. Air limbah domestik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *black water* yang merupakan air limbah yang berupa kotoran makhluk hidup dan umumnya berasal dari toilet, sedangkan *grey water* merupakan air limbah yang berupa hasil dari aktivitas kegiatan rumah kecuali toilet, seperti dapur, *laundry*, dan kamar mandi yang sebagian besar adalah bahan organik namun kontaminannya tidak sebesar *black water* (Aditia, 2020).

2.2.2. Air Limbah *Laundry*

Air limbah *laundry* berasal dari sisa proses kegiatan mencuci pakaian. Air limbah *laundry* digolongkan ke dalam kategori *grey water*. *Grey water* yang berasal dari produk *laundry* seperti detergen, *softener*, pemutih, dan jenis produk *laundry* lainnya (Putri, 2018). Limbah cair *laundry* yang berasal dari detergen umumnya berupa surfaktan yang merupakan senyawa Alkil Benzena Sulfonat (ABS) yang berfungsi untuk mengangkat kotoran pada kain atau pakaian. Alkil Benzena Sulfonat merupakan senyawa yang sulit terurai di alam. Surfaktan atau *surface active agent* merupakan bahan organik yang berfungsi sebagai pemeran aktif pada produk pembersih, seperti sabun, sampo, dan deterjen. Cara kerja dari surfaktan

dalam membersihkan suatu benda adalah dengan memberikan getaran atau tegangan pada permukaan benda yang dibersihkan, sehingga partikel-partikel yang menempel pada benda yang dicuci terlepas dan larut dalam air (Apriyani, 2017).

2.2.3. *Spirulina platensis*

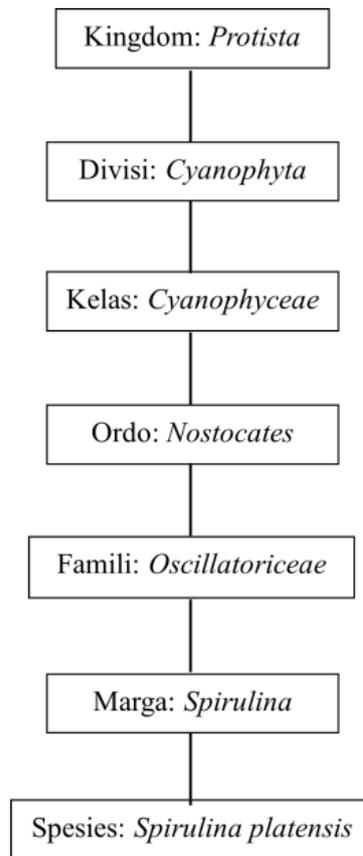
Spirulina platensis adalah jenis *cyanobacteri* atau mikroalga hijau biru yang dapat hidup dalam tingkat salinitas tertentu, pH yang cukup basa (pH 8-11), dan media yang mengandung senyawa karbonat, bikarbonat, dan bahan-bahan organik lainnya (Nurhasanah, 2018). Mikroalga *Spirulina* dan *Chlorella vulgaris* memiliki tumbuh dengan cepat dan dapat mudah melakukan fotosintesis sehingga budidaya mikroalga sering dimanfaatkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca seperti CO₂, dan juga dapat menghasilkan produk olahan yang memiliki daya jual yang tinggi (Purba, 2012).

Spirulina platensis mengandung senyawa-senyawa yang bermanfaat bagi tubuh manusia seperti kandungan protein tinggi, yaitu 60-70%, lipid 5-6%, karbohidrat 20-25%, asam lemak yang tidak jenuh asam linoleat (LA) dan γ -linolenat atau *gamma linolenat*, asam nikotinat, vitamin B1), vitamin B2, vitamin B12, mineral, asam amino, dan bahan aktif lainnya seperti karotenoid, pigmen klorofil dan fikosianin (Sianturi *et al.*, 2024). Beberapa senyawa pada *Spirulina* seperti fikosianin dapat dimanfaatkan sebagai obat untuk mencegah kanker, bakteri dan virus, serta jamur (Yuliani *et al.*, 2023).



Gambar 2. 1 *Spirulina platensis*

(Sumber :Algaelab, 2018)



Gambar 2. 2 Taksonomi *Spirulina*

(Sumber : Suharyanto, 2014)

2.2.4. Kultivasi Mikroalga

Mikroalga merupakan produsen utama pada perairan yang mampu berfotosintesis seperti tumbuhan pada umumnya (Simamora *et al.*, 2017). Mikroalga akan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi dan memanfaatkan nitrogen, fosfor, dan kalium (Komalasari, 2020). Menurut Mahardhika (2023), terdapat 5 tahap fase pada kehidupan mikroalga. Tahapan tersebut, yaitu fase *lag (lag phase)*, fase eksponensial (*log phase*), fase penurunan pertumbuhan (*declining growthphase*), fase stasioner (*stationary phase*), dan fase kematian (*death phase*). Proses kultivasi dilakukan dengan terus memberikan pencahayaan kepada mikroalga, dengan intensitas cahaya pada 3.000 lux, dan suhu 30°C. Selain itu, dilakukan juga aerasi dan proses kultivasi umumnya berlangsung selama 7 hari (Arifin *et al.*, 2023).



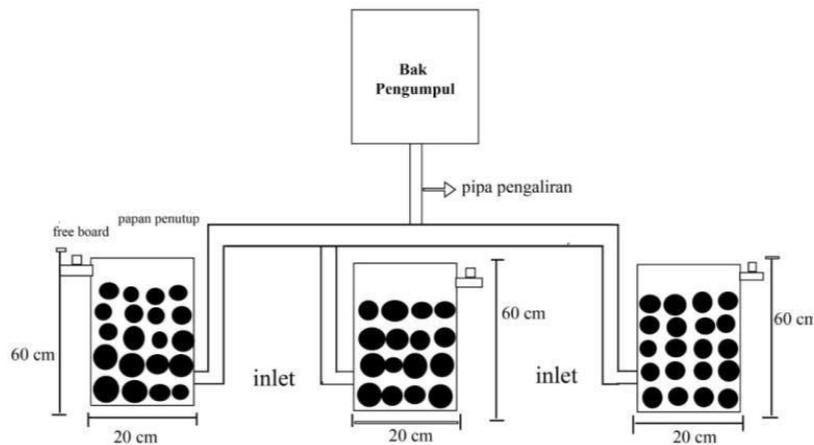
Gambar 2. 3 Kultivasi Mikroalga

(Sumber : Peneliti, 2024)

2.2.5. Biofilter Aerobik

Biofilter aerobik merupakan salah satu proses pengolahan air limbah dengan menggunakan kerja dari mikroorganisme dengan kondisi aerobik atau terbuka pada udara. Proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan aerasi menggunakan aerator atau pompa udara. Prinsip biofiltrasi bertumpu pada struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun secara teratur maupun di dalam suatu biofilter. Bakteri yang tumbuh pada media penyangga ditandai dengan adanya lapisan tipis yang dibuat oleh bakteri tersebut atau biasa disebut sebagai *biofilm* (Pramita *et al.*, 2020).

Kelebihan dari penggunaan biofilter aerobik adalah biaya operasional yang murah, mudah digunakan, dan efektif dalam menurunkan konsentrasi pencemar yang tinggi. Media dari biofilter sendiri dinilai cukup hemat, karena tidak perlu diganti dan dapat digunakan hingga beberapa kali proses aplikasi, apabila media biofilter yang digunakan kotor maka dapat dicuci terlebih dahulu dengan air, dijemur, dan sudah dapat digunakan kembali (Sumiyati *et al.*, 2018).



Gambar 2. 4 Biofilter Aerobik

(Sumber : Kholif *et al.*, 2022)

2.2.6. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) menjadi salah satu parameter yang ada hampir pada seluruh air limbah. COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi atau mengurai zat-zat organik. COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik. Kadar COD dalam air limbah akan berkurang jika konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah juga berkurang. Konsentrasi bahan organik yang rendah tidak selalu dapat dihilangkan dengan menggunakan metode pengolahan secara konvensional (Yustika *et al.*, 2023).

2.2.7. Fosfat

Menurut Putri (2018), fosfat merupakan bentuk fosfor yang juga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk fotosintesis. Karakteristik fosfor pada umumnya tidak sama satu sama lain karena unsur ini tidak terdapat di atmosfer. Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikel atau terlarut, organik atau anorganik. Fosfat adalah sebuah ion yang terdiri dari satu atom fosforus dan empat oksigen. Dalam bentuk ionik, fosfat membawa sebuah -3 muatan-muatan formal dan dinotasikan PO_4^{3-} . Fosfat merupakan salah satu unsur

hara (nutrien) yang dibutuhkan oleh organisme perairan. Fosfat yang berada di alam tidak dijumpai dalam keadaan bebas, akan tetapi dapat kita jumpai dalam bentuk terikat dengan unsur lain membentuk senyawa.

2.2.8. Surfaktan

Surfaktan (*surface active agents*) adalah molekul organik dengan massa molekul yang besar larut dalam air membentuk buih dalam pengolahan air limbah sehingga dapat membantu proses pemisahan kotoran dan minyak (Apriyani, 2017). Surfaktan dapat memberikan getaran atau tegangan permukaan bahan sehingga menyebabkan partikel-partikel yang menempel pada bahan-bahan yang dicuci terlepas dan larut dalam air (Putri, 2018).

2.2.9. Bioball

Bioball digunakan sebagai media tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme. *Bioball* memiliki luas yang lebih besar dibandingkan dengan media filter lainnya. *Bioball* memiliki luas permukaan antara 20-30 cm². Kelebihan lain dari *bioball* adalah pemasangan yang mudah, sehingga cocok untuk aplikasi pada tempat yang kecil atau sederhana. Selain itu, *bioball* juga mudah untuk dicuci ulang, ringan, dan harganya murah (Mirandri, 2021).



Gambar 2. 5 *Bioball*

(Sumber : Nagajaya, 2024)

2.2.10. Pecahan Genting dan Batu Bata

Pengembangan tanah liat sebagai adsorben alternatif sangat dimungkinkan karena tanah liat memiliki diameter pori yang besar, tingkat porositas cukup besar, kelimpahan yang banyak di alam serta relatif murah dibandingkan adsorben lain (Widodo *et al.*, 2020). Batu bata dan genting merupakan produk turunan dari tanah liat yang dapat digunakan sebagai media pengolahan air secara fisika karena memiliki pori – pori yang besar sehingga dapat menahan material tersuspensi yang ada di dalam air limbah (Rosliana, 2016). Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rosliana (2016) disebutkan pula bahwa batu bata memiliki kemampuan untuk menyisihkan 88,8% koloni bakteri *E. coli* pada pengolahan air limbah domestik karena terbuat dari campuran pembakaran material yang mengandung karbon sehingga memiliki kemampuan absorpsi yang baik terhadap material organik.



Gambar 2. 6 Pecahan Genting dan Batu Bata

(Sumber : Shop, 2024)

2.2.11. Zeolit

Salah satu adsorben yang unik adalah zeolit. Zeolit berukuran pori sangat kecil dan seragam jika dibandingkan karbon aktif dan silika gel, sehingga zeolit hanya mampu menyerap molekul berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter celah rongga, sedangkan molekul yang diameternya lebih besar dari pori zeolit akan tertahan dan hanya melewati antar partikel. Dalam keadaan normal, ruang kosong dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada di sekitar kation. Bila zeolit

dipanaskan maka air tersebut akan keluar sehingga dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan (Apriyani, 2020).



Gambar 2. 7 Zeolit

(Sumber : Shop, 2024)

2.2.12. Karbon Aktif

Karbon aktif atau biasa disebut arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penjerap). Daya jerap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan aktif faktor bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif (Putri, 2018).



Gambar 2. 8 Karbon Aktif

(Sumber : Afrifilter, 2024)

2.2.13. Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah mengarah pada standar kualitas yang harus dipenuhi untuk pembuangan air limbah. Baku mutu ditetapkan untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang tidak mengganggu makhluk hidup, tidak merusak lingkungan dan kesehatan masyarakat. Secara umum, baku mutu mencakup pada beberapa parameter, seperti pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), dan berbagai bahan kimia atau mikroorganisme lainnya (Yustika *et al*, 2023).

Standar baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan industri mengacu ke Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	BOD	mg/L	100
2	COD	mg/L	350
3	TSS	mg/L	250
4	Minyak dan Lemak	mg/L	25
5	N	mg/L	50
6	pH		6 sampai 9

2.3. Hipotesis

Dugaan sementara yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Adanya variasi perbandingan antara banyaknya *Spirulina platensis* dan limbah cair *laundry* yang digunakan akan mempengaruhi hasil analisis. Dari ketiga variasi yang ada, yaitu 2:1 ; 2:2 ; 2:3 , variasi 2:1 diperkirakan akan memiliki hasil yang paling optimal atau paling efektif, dikarenakan jumlah limbah cair *laundry* yang tidak terlalu banyak, yang dimana tidak terlalu sulit untuk diolah oleh *Spirulina platensis*.

2. Penggunaan biofilter aerobik diperkirakan akan dapat mengoptimalkan penurunan nilai COD, fosfat, dan surfaktan pada limbah cair *laundry*, sehingga hasil analisisnya dapat sesuai dengan baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah.