

**PENGUNAAN FITRASI BIOFILM UNTUK MENGURANGI
DAMPAK PENCEMARAN LINGKUNGAN SUNGAI DARI
LIMBAH CAIR PABRIK TAHU**

**EMIL WAHDI, S.Si, M.Si
NPI. 201807197507041001**



**PROGRAM STUDI
TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

ABSTRAK

Pabrik tahu merupakan industri rumah tangga yang menghasilkan limbah cair kaya akan protein, bahan organik, dan padatan terlarut dengan pH rendah, yang sering kali dibuang langsung ke sungai, menyebabkan polusi dan gangguan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran air sungai dari limbah cair tahu menggunakan teknologi filtrasi biofilm, memperbaiki parameter bau, warna, suhu, pH, dan DO, serta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan teknologi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi filtrasi-biofilm efektif dalam mengubah warna limbah dari kecoklatan menjadi putih keruh, mengurangi bau tak sedap melalui penggunaan karbon aktif, dan meningkatkan pH dari 4.69 menjadi 5.32 dengan bantuan pasir silika, meskipun pH akhir masih belum memenuhi standar baku mutu. Suhu air limbah tetap konstan pada 27°C, namun kadar oksigen terlarut (DO) menurun dari 0.6 mg/L menjadi 0.5 mg/L, kemungkinan akibat kesalahan alat pengukuran. Temuan ini mengindikasikan bahwa teknologi filtrasi-biofilm memiliki potensi signifikan untuk pengolahan limbah cair tahu, meski masih memerlukan penyempurnaan lebih lanjut untuk memastikan kepatuhan terhadap standar lingkungan.

Kata kunci: Bioremediasi, Filtrasi Biofilm, Limbah Cair Tahu, Pencemaran Air.

ABSTRACT

Tofu factories are a household industry that produces liquid waste rich in protein, organic matter and dissolved solids with a low pH, which is often discharged directly into rivers, causing pollution and ecosystem disruption. This research aims to reduce river water pollution from tofu liquid waste using biofilm filtration technology, improving the parameters of odor, color, temperature, pH and DO, as well as identifying the advantages and disadvantages of this technology. The research results show that biofilm-filtration technology is effective in changing the color of waste from brownish to cloudy white, reducing unpleasant odors through the use of activated carbon, and increasing the pH from 4.69 to 5.32 with the help of silica sand, although the final pH still does not meet quality standards. The wastewater temperature remained constant at 27°C, but the dissolved oxygen (DO) level decreased from 0.6 mg/L to 0.5 mg/L, possibly due to measurement equipment error. These findings indicate that biofilm-filtration technology has significant potential for processing tofu wastewater, although it still requires further refinement to ensure compliance with environmental standards.

Keywords: Biofilm Filtration, Bioremediation, Tofu Liquid Waste, Water Pollution

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri Pembuatan Tahu merupakan usaha yang banyak dilakukan secara rumahan (industri rumah tangga). Proses pembuatan tahu akan menghasilkan limbah cair dan limbah padat. Limbah ini memiliki kandungan organik yang tinggi seperti protein, karbohidrat serta bahan padatan terlarut yang tinggi. Proses koagulasi cairan kedelai menjadi endapan tahu akan menghasilkan larutan yang memiliki pH asam. Diketahui banyak industri rumahan tersebut membuang limbahnya secara langsung ke perairan terutama sungai. Hal ini menimbulkan pencemaran dan aroma yang tidak sedap serta mengganggu kesehatan masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Kapasitas produksi pabrik tahu bervariasi, mulai dari skala kecil dengan produksi sekitar 1.2 ton hingga pabrik-pabrik besar yang mampu menghasilkan hingga 1500 ton tahu setiap tahunnya. Dalam proses 1 kwintal kedelai dihasilkan limbah cair sekitar 2 kubik dan biasanya dibuang langsung ke perairan (Kurniawansyah *et al.* 2022).

Industri tahu merupakan industri pengolahan makanan memiliki dampak positif dan negatif terhadap lingkungan. Industri tahu ini dapat memberikan kontribusi dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat akan sumber makanan berkualitas. Akan tetapi dalam proses pembuatannya menghasilkan dampak negatif terhadap lingkungan berupa hasil sampingan berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah cair harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. Hal ini dikarenakan ampas tahu cair yang dihasilkan dari ampas tahu cair memiliki kandungan BOD, COD, TSS dan amoniak dengan level tinggi (Rakhmayani *et al.* 2021).

Kandungan gizi dalam tahu terdapat 7,8% protein, 1,6% karbohidrat dan 4,6% lemak merupakan makanan sangat baik untuk kesehatan. Disisi yang lain, bahan pencemar yang dihasilkan juga cukup tinggi. Bahan ini akan menyebabkan penurunan kualitas air dan daya dukung lingkungan. Hal ini secara langsung dapat mengganggu ekosistem perairan, kematian beberapa jenis organisme dan terjadinya pertumbuhan yang berlebihan dari beberapa jenis alga yang dapat mengurangi suplai oksigen dan penetrasi cahaya matahari ke dasar perairan (Kurniawansyah *et al.* 2022).

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu berasal dari air cucian kedelai, air rendaman, air penyaringan, air penggumpalan dan air sisa pencetakan. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair tahu adalah dengan menggunakan bioremediasi. Bioremediasi berasal dari istilah bio atau organisme dan remediasi atau remediasi. Proses ini melibatkan beberapa organisme hidup seperti bakteri, jamur, beberapa jenis tanaman yang bertujuan untuk mengurai dan mengurangi konsentrasi bahan pencemar dari bahan organik maupun an-organik sehingga mencapai level dibawah baku mutu. Beberapa teknologi bioremediasi yang digunakan adalah filtrasi biofilm. Metode pengolahan limbah ini memanfaatkan beberapa jenis mikroorganisme yang membentuk lapisan membran tipis yang berfungsi sebagai pengurai dan filtrasi limbah (Amelia & Titah 2021).

Pemberian bakteri pengurai limbah dapat menentukan laju proses dekomposisi, sehingga diperlukan konsentrasi yang tepat untuk membantu efektivitas proses dekomposisi. Salah satu jenis bakteri yang dapat digunakan adalah bakteri selulolitik, bakteri selulolitik yang digunakan didapatkan dari hasil isolasi limbah cair tahu. Seperti yang sudah diketahui bahwa limbah cair industri tahu sendiri masih banyak mengandung zat-zat organik yang cukup tinggi, sehingga dengan

memanfaatkan hal tersebut maka bakteri yang digunakan diambil dari hasil isolasi limbah cair industri tahu (Suprayinto *et al.* 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah antara lain:

1. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kadar pencemar limbah cair tahu menggunakan teknologi filtrasi-biofilm?
2. Bagaimana hasil pengujian alat filtrasi - biofilm terhadap limbah cair tahu berdasarkan parameter fisik berupa bau, warna, suhu, pH, dan DO?
3. Apa kekurangan dan kelebihan teknologi filtrasi-biofilm dalam memperbaiki parameter limbah cair tahu setelah dilakukan pengujian?

1.3 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan

1. Mengurangi pencemaran air sungai dari limbah cair tahu menggunakan teknologi filtrasi-biofilm.
2. Memperbaiki beberapa parameter bau, warna, suhu, pH, dan DO dari limbah cair tahu menggunakan teknologi filtrasi - biofilm.
3. Mengetahui kekurangan dan kelebihan teknologi filtrasi - biofilm dalam memperbaiki parameter limbah cair tahu.

1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan diatas maka dapat diperoleh manfaat yaitu:

1. Secara praktis, penelitian ini mengevaluasi metode bioremediasi dengan teknologi filtrasi-biofilm, dimana data penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan apakah metode bioremediasi dengan teknologi filtrasi-biofilm ini bisa membersihkan lingkungan yang tercemar serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi bioremediasi dengan teknologi filtrasi-biofilm. Dengan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi bioremediasi jni, kita dapat mengoptimalkan proses bioremediasi untuk mencapai hasil yang maksimal.
2. Secara teoritis, penelitian ini dapat membantu kita memahami potensi bioremediasi untuk remediasi lingkungan dan mengembangkan metode bioremediasi sudah ada juga dapat mendorong penerapan bioremediasi sebagai solusi yang berkelanjutan untuk masalah pencemaran lingkungan.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biofilm

Pengertian *Biofilm* menunjukkan suatu kumpulan mikroorganisme yang menempel pada suatu permukaan benda dan dilapisi oleh senyawa polimer ekstraseluler. Umumnya biofilm ini berasal dari berbagai jenis bakteri, alga, jamur, dan protozoa (Hamzah *et al.* 2021). Biofilm sering digunakan di bidang lingkungan, contohnya pada proses pengolahan air limbah. Proses ini juga efektif dalam mengurangi pencemar yang berasal dari limbah domestik (Pramita *et al.* 2020). *Bioball* merupakan salah satu media perkembangbiakan mikroorganisme yang diperlukan untuk menjaga kualitas air. *Bioball* ini memiliki keunggulan diantaranya yaitu harganya terjangkau, pemasangannya mudah, memiliki pori yang dapat memudahkan masuknya bakteri yang berkoloni, serta telah memenuhi sebagian besar kriteria media biofilter yang baik untuk digunakan (Aulia 2022).

Selain itu, media *bioball* ini banyak digunakan sebagai media biofilm karena proses pertumbuhan biofilmnya lebih baik dibandingkan dengan media lain. Pada proses pembentukan biofilm pada media, seringkali dilakukan penambahan bakteri seperti *Effective Microorganisms 4* (EM4) untuk mempercepat proses pembentukan biofilm (Prahsantika *et al.* 2020). Penurunan baku mutu limbah terutama bahan organik dapat dilakukan dengan penambahan larutan *Effective Microorganisms 4* (EM4). Larutan ini merupakan muti koloni dari beberapa spesies mikroba yang bersifat fotosintetik, bakteri penghasil asam laktat dan khamir yang bersifat fermentatif (Badrah 2021).

Larutan EM4 adalah suatu cairan berwarna kecoklatan yang dapat dimanfaatkan sebagai proses degradasi bahan limbah baik cair maupun padat. Kandungan mikroba yang terdapat di dalamnya dapat mempercepat proses penguraian bahan organik terutama limbah yang berasal dari rumah tangga maupun restoran. Penguraian senyawa organik makromolekul menjadi senyawa yang lebih kecil ukurannya akan membantu organisme lain dalam memanfaatkan sebagai bahan makanan. Proses ini terjadi secara alami dan mengurangi penggunaan bahan kimia lainnya yang nantinya juga dapat merusak lingkungan (Simarmata *et al.* 2020).

2.2 Limbah Tahu

Limbah tahu merupakan sisa pengolahan kedelai yang terbuang baik dalam bentuk padat maupun cair. Limbah padat dapat berupa kotoran hasil pembersihan kedelai dan sisa bubur yang biasa disebut ampas tahu, sedangkan limbah cair dapat berupa hasil pencucian peralatan, perendaman, perebusan, dan pencetakan kedelai. Limbah yang dominan terbuang yaitu dalam bentuk cair dan berpotensi mencemari perairan. Industri tahu yang menghasilkan limbah cair, apabila tidak dilakukan pengelolaan dan di dibuang ke perairan, akan mempengaruhi sifat fisik, kimia air yang berpengaruh pada kelangsungan hidup organisme perairan. Limbah cair tahu harus dilakukan pengolahan sebelum limbah tersebut dibuang ke perairan untuk mencegah timbulnya masalah lingkungan (Pagoray *et al.* 2021).

Kandungan senyawa karbon organik pada limbah cair tahu dapat meningkatkan nilai *biochemical* dan *chemical oxygen demand*. Pencemaran sungai juga semakin tinggi akibat tingginya konsentrasi CO₂, H₂S dan NH₃ sehingga dapat melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Selain itu, limbah ini dapat meningkatkan

petumbuhan mikroba dan organisme lainnya akibat tingginya kandungan bahan organik yang dimilikinya. Disisi lain, senyawa asam yang terkandung di dalamnya juga dapat menghambat pertumbuhan mikroba pengurai akan tetapi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroba pembusuk. Proses ini yang dapat menyebabkan kandungan O₂ yang terlarut menjadi berkurang (Amalia *et al.* 2022).

2.3 Filtrasi

Pengolahan limbah cair secara alternatif agar sesuai dengan baku mutu yang ada adalah dengan metode filtrasi atau penyaringan. Filtrasi adalah sistem pengolahan limbah dengan prinsip memisahkan zat padat dari fluida. Filtrasi ini sering digunakan karena perawatannya yang mudah, hanya dengan mengganti atau membersihkan kembali media filter yang telah digunakan dalam kurun waktu tertentu (Purwasih dan Rahayu 2022).

Pada proses pengolahan limbah, tujuan filtrasi yaitu menghilangkan partikel yang tersuspensi dan koloidal dengan cara menyaringnya menggunakan media filter dengan kurun waktu pergantian media filter sebulan sekali (Sulianto *et al.* 2019). Media filter yang dapat digunakan sangat beragam dan memiliki fungsi yang berbeda. Contohnya, media filter untuk pengolahan limbah tahu yaitu zeolit, pasir silika, karbon aktif, spons, dan kerikil. Media filter yang beragam ini tentunya memiliki fungsi yang beragam pula. Zeolit berfungsi menjernihkan air karena dapat menyerap zat warna pada sampel air (Dur 2019).

Pasir silika sering digunakan sebagai media filter, hal ini dikarenakan kemampuannya untuk memisahkan partikel-partikel padatan dalam air (Sulastuti 2017). Fungsi karbon aktif dalam proses pengolahan limbah yaitu untuk menghilangkan polutan yang berukuran mikro seperti bau, warna, zat beracun, zat organik, serta menghilangkan kandungan logam seperti mangan dan besi (Yaqin *et al.* 2020). Spons pada filtrasi memiliki fungsi untuk menyerap endapan-endapan air yang membuat warna air menjadi keruh (Nainggolan *et al.* 2019). Kerikil berfungsi menyaring kotoran-kotoran kasar (Rizki 2021). Kassa filter digunakan sebagai pembatas setiap media filter agar media filtrasi tidak buyar setelah terkena air (Sitasari dan Khoironi 2021).

III METODE

3.1 Lokasi dan waktu

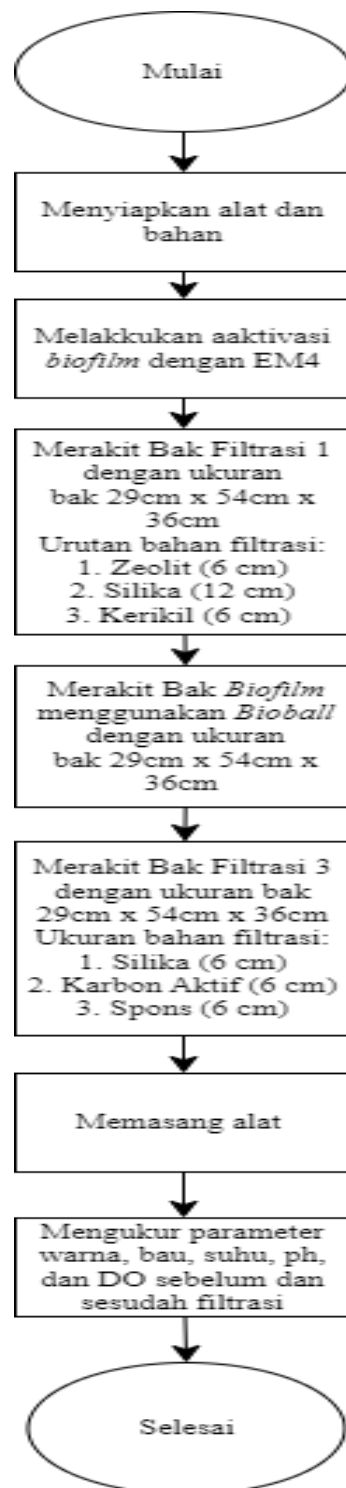
Penelitian dilaksanakan di Pabrik Tahu Bang Ade, yang berlokasi di Jalan Villa Bogor Indah 3, RT.06/RW.15, Kedunghalang, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16158. Waktu penelitian ini dimulai pada Bulan Februari 2024 - Mei 2024.

3.2 Teknik pengumpulan data dan analisis data

Pengumpulan data yang dibutuhkan dilakukan dengan mencari referensi jurnal yang relevan dengan pembuatan filtrasi mulai dari tempat, jenis bahan, dan ketebalan bahan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana sampel air hasil filtrasi dibandingkan dengan air limbah sebelum filtrasi. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu warna, pH, suhu, bau, dan *Dissolve Oxygen* (DO).

3.3 Prosedur Kerja

Berikut ini adalah tahapan pembuatan filtrasi limbah tahu :



Gambar 1. Tahapan pembuatan filtrasi limbah tahu

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penurunan Kadar Pencemar Limbah Cair Tahu Menggunakan Teknologi Filtrasi-Biofilm

Sampel limbah cair tahu sebelum dilakukan proses filtrasi-biofilm berwarna coklat muda dan keruh (Gambar 1). warna pada limbah cair tahu terbentuk akibat banyaknya senyawa organik yang terlarut dan tersuspensi membentuk koloida. Metode filtrasi dapat digunakan untuk menghilangkan warna pada limbah cair dengan cara pemisahan koloid atau partikel padat dari cairan dengan menggunakan media penyaringan atau saringan. Pemisahan antara padatan dan koloid dilakukan dengan cara penyaringan menggunakan filter dengan pori yang lebih halus (Nugroho dan Hamidi 2023).



Gambar 2. Hasil air limbah tahu a) sesudah filtrasi dan b) sebelum filtrasi.

Semakin tingginya kepekatan warna akan berbanding lurus dengan tingginya konsentrasi polutan dalam limbah. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya intensitas warna dalam larutan sebanding dengan tingginya bahan pencemar dalam limbah cair. Bahan yang digunakan dalam filtrasi memiliki peran penting dalam mengurangi warna pada limbah cair tahu. Menurut Kusmita *et al.* (2022) untuk menghilangkan bahan pengotor pada limbah cair dapat digunakan bahan pasir silika. Zeolit juga sering digunakan karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler yang lebih kecil sehingga mampu menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Sedangkan karbon aktif juga menyerap warna dan bau pada limbah. Hasil akhir warna pada dari proses filtrasi-biofilm berwarna putih keruh, ini menunjukkan bahwa partikel yang terdapat pada limbah cair tahu telah terserap atau tersaring pada saat proses filtrasi.

Limbah cair tahu ini mengandung protein tinggi yang banyak mengandung asam amino yang mudah terurai dengan cepat. Penguraian asam amino akan menghasilkan senyawa karbon, amoniak dan sulfur, senyawa dapat menyebabkan bau busuk apabila cairan ini dibuang ke perairan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Runtulalo *et al.* 2023). Sampel awal limbah cair tahu memiliki bau yang menyengat, setelah dilakukannya proses filtrasi bau tersebut dapat berkurang banyak.

Bau ini dapat berkurang karena adanya karbon aktif yang merupakan salah satu bahan filter sering digunakan sebagai bahan penyerap dan memiliki sifat absorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Kemampuan penyerapan karbon aktif sangat besar yaitu 25-100% dari berat karbon aktif itu sendiri, sehingga bahan ini dapat menyerap partikel-partikel yang dapat menimbulkan warna, bau dan rasa (Sari dan Masruhi 2020).

Pemeriksaan pH limbah cair tahu sebelum melakukan proses filtrasi-biofilm perlu untuk dilakukan. Pengukuran ini dilakukan untuk mengamati aktivitas mikroorganisme yang digunakan dalam proses penguraian dan pemanfaatan unsur unsur yang ada di dalam limbah cair. Pengukuran pH dilakukan secara berkala menggunakan alat pH meter. Limbah cair tahu memiliki pH asam dikarenakan limbah cair tahu mengandung asam cuka yang ditambahkan sebagai bahan penggumpal (koagulasi). Kenaikan nilai pH saat proses pengolahan limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti penggunaan bahan filtrasi serta kandungan bahan organik (Cahyani *et al.* 2024).

Air limbah yang memiliki gugus kation saat melewati filter zeolit akan berikatan dengan muatan negatif pada zeolit. Diketahui banyaknya senyawa organik dari limbah cair akan menjadikan larutan bersifat asam karena tingginya konsentrasi $[H^+]$. Akan terjadi reaksi penetralan muatan oleh muatan negatif zeolit dengan $[H^+]$ dari air limbah. Sehingga terjadi peningkatan pH dari air limbah setelah diolah dengan zeolit. Selain itu karbon aktif juga akan menyerap material bahan-bahan organik yang bersifat asam terdapat dalam sampel limbah cair tahu (Ariyani *et al.* 2020). Komposisi bahan organik limbah cair dapat menyebabkan menurun pH air limbah, hal ini dapat terjadi karena pada proses penguraian bahan organik dapat menghasilkan senyawa dengan pH asam (Yuningsih *et al.* 2014).

4.2 Hasil Pengujian Alat Filtrasi-Biofilm terhadap Limbah Cair Tahu Berdasarkan Parameter Bau, Warna, Suhu, pH, dan DO

Berdasarkan Tabel 1 mengenai hasil uji pengukuran parameter air limbah tahu dengan teknologi filtrasi-biofilm, terlihat bahwa terdapat perubahan pada beberapa parameter. Teknologi ini mampu membuat warna limbah cair tahu yang sebelumnya berwarna kecoklatan menjadi putih keruh (Gambar 2). Proses filtrasi-biofilm ini efektif dalam menyaring endapan tersebut sehingga menghasilkan air yang lebih bersih. Selain itu, teknologi filtrasi-biofilm juga dapat mengurangi bau tidak sedap yang menyengat. Penggunaan karbon aktif dalam proses ini berperan penting dalam menyerap komponen-komponen penyebab bau, sehingga air limbah yang dihasilkan memiliki bau yang lebih minimal. Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah diolah untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya melalui proses pengaktifan dan pemanasan. Pengaktifan arang bertujuan untuk meningkatkan kadar karbon (karbonasi) lebih dari 80% dan meningkatkan jumlah pori-pori sehingga proses penyerapan menjadi efektif. Dampak lain dari proses filtrasi-biofilm adalah pada pH air limbah. Sebelum proses filtrasi, pH air limbah tahu cukup asam, yaitu sekitar 4.69. Namun, setelah diolah terutama dengan pasir silika, pH meningkat menjadi 5.32. Pasir silika membantu menetralkan keasaman air, sehingga pH-nya menjadi lebih seimbang. Meskipun terjadi peningkatan pH, nilai pH limbah cair setelah filtrasi masih belum memenuhi baku mutu yang berlaku. Maka dari itu, diperlukan perbaikan dan peninjauan lebih lanjut terhadap alat dan proses yang digunakan untuk memastikan

pH air limbah memenuhi standar yang ditetapkan. Suhu air limbah sebelum dan sesudah filtrasi tidak mengalami perubahan sama sekali, yaitu tetap berada pada 27 °C dan telah memenuhi baku mutu yang berlaku.

Tabel 1. Hasil uji pengukuran parameter air limbah tahu filtrasi-biofilm.

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran	
			Sebelum Filtrasi	Sesudah Filtrasi
Warna			Kecoklatan	Putih keruh
Bau*		Tidak berbau	Bau menyengat (+++)	Bau (++)
Suhu**	°C	27-30	27	27
pH***		6-9	4.69	5.32
Oksigen terlarut (DO)**	ppm	Kelas 4: minimal 1	0.6	0.5

Keterangan: *PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014; **PP Nomor 22 Tahun 2021; *** PerMenLH Nomor 5 Tahun 2014

Terdapat kendala dalam pengukuran kadar oksigen terlarut (DO). Hasil menunjukkan bahwa kadar oksigen terlarut menurun dari 0.6 ppm sebelum filtrasi menjadi 0.5 ppm sesudah filtrasi. Penurunan ini dapat terjadi akibat kesalahan pada alat DO meter yang digunakan, yang tidak dapat dikalibrasi dengan benar sehingga hasil pengukuran menjadi tidak akurat.

4.3 Kelebihan dan Kekurangan Teknologi Filtrasi-Biofilm dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu

Teknologi filtrasi-biofilm adalah metode yang sering digunakan dalam pengolahan limbah cair, termasuk limbah cair dari pabrik tahu. Teknologi filtrasi-biofilm merupakan metode pengolahan limbah cair yang menggunakan media biofilter untuk mengurangi pencemaran. Teknologi Biofilm memiliki kelebihan diantaranya dapat mengurangi kontaminan dengan efisiensi tinggi. Menurut penelitian Sitasari dan Khoironi (2021) efisiensi dalam menurunkan kadar BOD mencapai 74,5%, COD sebesar 5,4% dan TSS sebesar 84%. Selain itu, Biofilm ini sangat ramah lingkungan dan biaya perawatannya yang cukup murah.

Teknologi biofilm juga memiliki kekurangan yaitu waktu retensi yang lama, Sistem filtrasi- biofilm bisa sensitif terhadap perubahan mendadak dalam konsentrasi dan beban limbah. Lonjakan beban organik atau toksikan bisa mengganggu keseimbangan mikroba dalam biofilm dan menurunkan efisiensi pengolahan. Efisiensi sistem ini sangat bergantung pada kondisi fisik dan kimia lingkungan seperti suhu, pH, dan konsentrasi oksigen terlarut. Perubahan drastis dalam parameter tersebut bisa mempengaruhi efektivitas biofilm dalam mengolah limbah.

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan pencemar penggunaan media filtrasi seperti pasir silika, zeolit, dan karbon aktif efektif dalam menyaring polutan dan bahan organik dalam limbah cair tahu. Kondisi operasional seperti waktu kontak dan laju alir serta karakteristik awal limbah mempengaruhi efektivitas penurunan pencemar. Teknologi filtrasi-biofilm berhasil mengurangi bau dan mengubah warna limbah dari coklat muda keruh menjadi putih keruh. Perubahan pH limbah menjadi meningkat dari 4.69 menjadi 5.32 meskipun masih belum memenuhi baku mutu. Suhu tetap stabil pada 27°C. Konsentrasi *Dissolved Oxygen* menurun dari 0.6 ppm menjadi 0.5 ppm. Kelebihan teknologi Filtrasi-biofilm mampu mengurangi bau dan warna, biaya operasional rendah, dan ramah lingkungan. Kekurangan teknologi Filtrasi-biofilm membutuhkan perawatan berkala, sensitif terhadap perubahan mendadak dalam beban limbah, dan memerlukan waktu retensi yang lama untuk hasil optimal.

5.2 Saran

Filtrasi pada limbah cair tahu perlu dilakukan secara berulang untuk menetralkan pH dan memenuhi standar baku mutu air limbah karena proses pembuangan limbah tahu cenderung menghasilkan limbah asam yang dapat mencemari lingkungan. Dengan melakukan filtrasi berulang, partikel-partikel asam yang belum teradsorpsi pada filter sebelumnya dapat dihilangkan, sehingga meningkatkan efisiensi penurunan pH hingga mencapai nilai yang sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan. Pengecekan pada limbah cair tahu tidak cukup hanya dengan parameter fisika tetapi dapat ditambah dengan pengecekan parameter kimia, seperti COD, BOD, dan DO untuk mengidentifikasi dan mengukur polutan kimia dan organik yang mempengaruhi kualitas air secara langsung dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Pengecekan DO sudah dilakukan pada *project* pengolahan limbah cair tahu, tetapi alat yang digunakan untuk mengukur DO perludilakukan kalibrasi untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Sebaiknya sebelum dilakukannya pengecekan parameter kimia yaitu DO maka harus dipastikan bahwa alat-alat yang akan digunakan sudah akurat dan memadai.

Acknowledgments

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan Praktikum pada Mata Kuliah Bioremediasi Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor. Ucapan terima kasih kepada Mahasiswa LNK angkatan 59 kelas A1 kelompok 2: Feby Chairunnisa, Najma Rania Putri R, Retno Feta Handayani, Nihayati Zein, Dina Aprilia, Salman Hanif, Risti Tri Herawati, Mari Annisa Putri, Sary Purwandari Lakuanin, Fajar Maulady Mukhtar, Rayhan Andriyetta, Eriyanto, Abdulrozaq Faqih S, Shabrina Anyali.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia RN, Devy SD, Kurniawan AS, Hasanah N, Salsabila ED, Ratnawati DAA, Fadil FM, Syarif NA, Aturdin GA. 2022. Potensi limbah cair tahu sebagai pupuk organik cair di rt 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *J. Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman*. 1(1): 36 - 41.
- Amelia M, Titah HS. 2021. Kajian pengaruh penggunaan biosurfaktan *rhamnolipida* dan surfaktin pada proses bioremediasi tanah tercemar *crude oil*. *J. Teknik ITS*. 10(2): 76-81.
- Apema FD, Rahayu DE, Adnan F, Waryati. 2023. Penggunaan media sarang tawon dan bioball pada biofilter aerob pada pengolahan limbah cair *laundry*. *J. Teknologi Lingkungan*. 7(1): 81-89.
- Ariyani SB, Asmawit, Utomo PP, Cahyanto HA. 2020. Peningkatan kualitas keasaman (ph) pada sumber air untuk industri air mineral dengan metode penyaringan. *Borneo Akcaya*. 6(1): 33-42.
- Aulia MDP. Pengaruh jenis media *trickling filter* terhadap pengolahan air limbah usaha mikro kecil dan menengah. (*tugas akhir*). Fakultas Teknik, Universitas Batanghari. Jambi. 2022.
- Badrah S. Aidina RP, Anwar A. 2021. Pemanfaatan effective microorganisms 4 (EM4) menggunakan media biofilm untuk menurunkan amonia dan fosfat pada limbah cair rumah sakit. *Health J*. 8(2): 102-108.
- Cahyani ND, Situmorang M, Azuhra T, Apriani I. 2024. Pengolahan limbah cair tahu menggunakan media lekat sarang tawon. *Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 12(1): 82-89.
- Dur S. 2019. Utilization of Zeolits for Wiater Filing. *ZERO J. Sains Matematika Terapan*. 3(1):45–55.
- Kurniawansyah E, Fauzan A. & Mustari M. 2022. Dampak Sosial dan Lingkungan Terhadap Pencemaran Limbah Pabrik. *CIVICUS: Pendidikan-Penelitian-Pengabdian Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan*. 10(1): 14-20.
- Hamzah H, Hertiani T, Pratiwi SUT, Nursyatuti T. 2021. Efek saponin terhadap penghambatan planktonik dan mono-spesies biofilm candida albicans ATCC 10231 pada fase pertengahan, pematangan dan degradasi. *J. Farmaseutik*. 17(2): 198-205.
- Nainggolan AA, Nadesya A, Haliyantu DJ, Anmar M, Arbaningrum R. 2019. Alat pengolahan air baku sederhana dengan sistem filtrasi. *Wydiakala*. 6(1): 12-20.
- Nugroho HW, Hamidi K. 2023. Reka cipta alat filtrasi alami menggunakan bahan recycle sebagai alat penyaring air limbah rumah tangga. *Green Engineering for Sustainability*. 1(1): 25-31.
- Pagoray H, Sulistiawaty, Fitriani. 2021. Limbah cair industri tahu dan dampaknya terhadap kualitas air dan biota perairan. *J. Pertanian Terpadu*. 9(1): 53-65.
- [Permen] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengelolaan Kedelai. 2014.

- [PP] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2021.
- Prahsantika M, Harahap S, Purwanto E. 2020. Pengaruh penggunaan biofilter dengan EM4 untuk mengurangi fosfat dan mbas pada limbah cair *laundry*. *J. Sumberdaya Lingkungan Akuatik*. 1(2): 93 - 102.
- Pramita A, Prasetyanti DN, Fauziah DN. 2020. Penggunaan media *bioball* dan tanaman kayu apu (*pistia stratiotes*) sebagai biofilter aerobik pada pengolahan limbah cair rumah tangga. *J. Res Tech*. 6(1): 131 - 136.
- Purwasih R, Rahayu WE. 2021. Pengaruh penyaringan terhadap konsentrasi *chemical oxygen demand*, *total suspended solid*, dan ph limbah cair industri tahu. *J. Ilmiah Ilmu Teknologi Rekayasa*. 4(1): 30 - 37.
- Putri WK, Sabani. 2018. Aktivasi zeolit alam sebagai adsorben logam berat Mg, Al, dan ZnO menggunakan larutan NaOH. *Einstein*. 6(3): 22-28.
- Rakhmayani I, Aulia NS, Noviyanti N, Jati DR, Apriani I. 2020. Pembuatan pupuk kompos cair dari air buangan industri tahu. *J. Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 8(2): 197-103.
- Runtulalo J, Susanto HB, Prihatmo G. 2023. Pemanfaatan kombinasi sistem slow sand filter dan constructed wetland dengan menggunakan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dalam pengolahan limbah cair di Bank Sampah Toli-Toli Mandiri. *Sciscitatio*. 4(2): 103-109.
- Saravana R dan Sudrajan T. 2019. Biological treatment of soybean wastewater using biofilm reactor. *J. Enviro. Manag*. 34(6): 1838-1846.
- Sitasari AN dan Khoironi A. 2021. Evaluasi efektivitas metode dan media filtrasi pada pengolahan air limbah tahu. *J. Ilmu Lingkungan*. 19(3): 565-575.
- Sari NP, Mashuri. 2020. Efektivitas penambahan karbon aktif arang kayu bakau dalam proses filtrasi air gambut. *Prepotif*. 4(2): 85-94.
- Simarmata L, Harahap S, Purwanto E. 2020. Pengaruh pemberian EM4 untuk menurunkan BOD5 dan COD pada limbah cair rumah makan. *J. Sumberdaya Alam Lingkungan Aquatik*. 1(2): 114–123.
- Sitasari AN, Khoironi A. 2021. Evaluasi efektivitas metode dan media filtrasi pada pengolahan limbah tahu. *J. Ilmu lingkungan*. 19(3): 565-575.
- Supriyanto D, Widyastuti D, Sulastri S. 2024. Efektivitas penambahan bakteri selulolitik dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS limbah cair tahu. *J. Green House*. 2(2): 33-39.
- Sulianto AA, Kurniati E, Hapsari AA. 2019. Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem *Downflow*. *J. Sumberdaya Alam Lingkungan*. 6(3): 31–39.
- Suliastuti I, Anggraini SPA, Iskandar T. 2017. Pengaruh perbandingan jumlah media filter (pasir silika, karbon aktif, zeolit) dalam kolom filtrasi terhadap kualitas air mineral. *eUREKA: J. Penelitian Teknik Sipil Teknik Kimia*. 1(1):1-5.

- Yaqin RI, Ziliwu BW, Demeianto B, Siahaan JP, Priharanto YE, Musa I. 2020. Rancang bangun alat penjernih air portable untuk persediaan air di kota Dumai. *J. Teknologi*. 2(12): 107-116.
- Yuningsih HD, Soedarsono P, Anggoro S. 2014. Hubungan bahan organik dengan produktivitas perairan pada kawasan tutupan eceng gondok, perairan terbuka dan keramba jaring apung di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. *Maquares*. 3(1): 37-43.