Jurnal Teknologi Kimia Unimal

http://ojs.unimal.ac.id/index.php/jtk

Jurnal Teknologi Kimia Unimal

PENGARUH WAKTU TINGGAL TERHADAP PENURUNAN KADAR POLUTAN, pH, SUHU LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN TANAMAN MELATI AIR (Echinodorus palaefolius) PADA METODE FITOREMEDIASI

Anggun Bunga Pusvitasari, Cintiya Septa Hasannah*, Alfieta Rohmatul Aeni

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Kampus Utama UNSIKA Karawang Jl. H.S. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, Indonesia
Korespondensi : cintiya.septa@ft.unsika.ac.id

Received: 30th April 2025; Revised: 10th May 2025; Accepted: 28th May 2025; Available online:28th May 2025; Published regularly: May 2025

Abstrak

Industri pembuatan tahu menghasilkan limbah cair pada proses produksinya. Limbah cair industri tahu mengandung zat organik tinggi serta padatan tersuspensi yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Salah satu solusi untuk mengatasi pencemaran tersebut yaitu mengolah air limbah secara efektif dan efisien dengan sistem constructed wetland menggunakan metode fitoremediasi. Fitoremediasi dilakukan menggunakan tumbuhan melati air (Echinodorus palaefolius) dengan variasi waktu tinggal selama 3, 5, dan 7 hari. Hasil menunjukkan bahwa semakin lama waktu tinggal akan berpengaruh pada besarnya penurunan kadar polutan, pH dan suhu air limbah cair industri tahu. Pada parameter Biochemical Oxygen Demand (BOD) menunjukkan penurunan signifikan kadar polutan pada hari ke-3, 5, dan 7 sebesar 188 mg/L, 175 mg/L, dan 140 mg/L. Sedangkan untuk parameter Chemical Oxygen Demand (COD) pada hari ke-3, 5, dan 7 adalah 4.762 mg/L, 4.206 mg/L, dan 3.950 mg/L. Lalu untuk parameter Total Suspended Solids (TSS) pada hari ke-3, 5, dan 7 yaitu 376 mg/L, 178 mg/L, dan 144 mg/L. Efisiensi penyisihan kadar polutan tertinggi terjadi pada hari ke-7 dengan parameter BOD mencapai 30,35%; COD sebesar 65,26%; dan TSS sebanyak 75,59%.

Kata Kunci : limbah tahu, constructed wetland, melati air, BOD, COD, TSS

https://doi.org/10.29103/jtku.v14i1.21757

1. Pendahuluan

Copyright © 2022 by Authors, Published by JTKU

Industri Kecil Menengah (IKM) mengalami pertumbuhan pesat setiap tahunnya, termasuk industri pembuatan tahu. Tahu menjadi makanan favorit masyarakat Indonesia. Namun, pertumbuhan ini membawa dampak lingkungan yang serius, terutama dari limbah cair yang dihasilkan proses produksi tahu. Limbah cair jika tidak dikelola dengan baik, dapat mencemari perairan dan merusak ekosistem

Proses produksi tahu menghasilkan dua jenis limbah yaitu padat dan cair. Limbah padat seperti ampas tahu sering dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Namun, limbah cair, yang mengandung zat organik seperti karbohidrat, protein, lemak, dan padatan tersuspensi, belum banyak dimanfaatkan dan dapat menjadi sumber pencemaran serius(Pradana et al., 2018). Limbah cair jika dibuang langsung ke perairan, akan mengakibatkan pengendapan bahan organik, serta gangguan organisme dalam ekosistem perairan. Industri tahu menghasilkan limbah cair dari berbagai tahap produksi, termasuk pencucian dan perendaman kedelai, penggumpalan, pencetakan, dan pencucian alat. Limbah cair tahu mengandung bahan organik tinggi yang jika dibuang langsung ke lingkungan dapat berbahaya. Dari 60 kg kedelai dapat dihasilkan 80 kg tahu dengan hasil samping 70 kg ampas tahu, 1.620 kg sisa cairan tahu, dan 1.800 liter air limbah(Darmajana, 2015). Limbah cair harus sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

Pencemaran air akibat limbah tahu dapat diukur dengan beberapa parameter, yaitu pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solids (TSS). Penelitian (Samsudin et al., 2018) menunjukkan bahwa limbah cair tahu memiliki kadar BOD sebesar 3.757,19 mg/L, COD sebesar 7.529,50 mg/L, dan TSS sebesar 1.067 mg/L, yang semuanya melebihi baku mutu limbah menurut Permen LH RI No. 5 Tahun 2014. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan limbah cair yang tepat, murah, dan mudah dioperasikan. Salah satu solusi adalah sistem constructed wetland dengan aliran bawah permukaan (subsurface flow) yang menggunakan tanaman air untuk menurunkan kadar pencemar (Riyanti et al., 2019). Sistem constructed wetland

merupakan teknologi pengolahan limbah yang meniru proses alami dalam mengendalikan pencemaran air. Sistem ini menggunakan berbagai jenis tanaman air untuk memanfaatkan proses biologis, kimia, dan fisik dalam mengurangi kadar polutan. Subsurface flow dalam constructed wetland memastikan bahwa air limbah mengalir di bawah permukaan media tanam, sehingga kontak antara air limbah dengan udara minim, dan mengurangi potensi bau (Srilestari & Munawwaroh, 2021). Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi kadar pencemaran air yaitu metode fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan metode yang menfaatkan tumbuhan sebagai agen untuk menyerap zat pencemar pada limbah cair (Warisaura et al., 2019).

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh (Cucikodana et al., 2024) bahwa terdapat enam jenis dampak lingkungan yang dihasilkan, antara lain acidification (0,01228 kg SO_2-eq), eutrophication (0,01641 kg PO_4-eq), potensi pemanasan global (GWP 100a), penipisan lapisan ozon (ODP) (2,49525 kg CFC-11 eq), freshwater aquatic ecotoxicity (0,35351 kg 1,4-DBeq), dan abiotic depletion (fossil fuels) sebesar 12,32132 MJ. Proses yang paling besar memberikan kontribusi terhadap dampak lingkungan dalam produksi tahu di Jangkar Kulon adalah proses pembakaran bahan bakar (kayu bakar) serta pengelolaan limbah cair pada industry tahu.

Pada metode fitoremediasi, tumbuhan air berperan penting untuk mereduksi bahan pencemar pada limbah cair. Tidak semua tanaman dapat digunakan, karena tidak semua tanaman dapat melakukan metabolisme, penguapan, dan akumulasi semua polutan menggunakan mekanisme yang sama. Untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan pada fitoremediasi, dipilih tanaman yang mempunyai karakteristik: cepat tumbuh, mengkomsumsi air dalam jumlah banyak secara singkat dan meremediasi lebih dari satu polutan (Nur, 2013). Misalnya, eceng gondok dapat menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah laundry hingga 73,67% dan 46%(Rahadian et al., 2017) . Salah satu jenis yang banyak digunakan yaitu tumbuhan melati air. Dalam penelitian lainnya, digunakan tanaman melati air (Echinodorus palaefolius) yang diketahui dapat menurunkan kadar COD

hingga 94% dalam 15 hari(Riyanti et al., 2019). Melati air juga dapat digunakan sebagai fitoremediator tembaga (Cu), semakin tinggi kosentrasi tembaga pada media tanam maka semakin besar penurunan kadar tembaga oleh melati air (Lorensia & Rachmadiarti, 2024).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas sistem constructed wetland dengan tanaman melati air (Echinodorus palaefolius) serta mengetahui pengaruh waktu tinggal dalam menurunkan kadar COD, BOD5, dan TSS pada limbah cair industri tahu menggunakan metode fitoremediasi. Penelitian dilakukan dengan variasi waktu tinggal 3 hari, 5 hari, dan 7 hari. Mengingat potensi pencemaran yang tinggi dari limbah cair industri tahu, teknologi pengolahan yang efektif dan berkelanjutan sangat diperlukan untuk menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan selama satu bulan di rumah pribadi dengan pengujian sampel dilakukan di UPTD Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Karawang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bak penampungan, gelas beker 1000 mL, pH meter, termometer, dan pompa air. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah cair industri tahu, tanaman melati air, kerikil, pasir, dan tanah.

Penelitian ini memiliki dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu tinggal dalam proses fitoremediasi, yang terdiri dari tiga tingkat, yaitu 3 hari, 5 hari, dan 7 hari. Sedangkan variabel terikat adalah waktu aklimatisasi tanaman selama 7 hari menggunakan air PDAM sebanyak 8L dan jumlah tanaman melati air sebanyak 4 buah.

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap persiapan, yang mencakup pembelian bahan baku yang diperlukan, seperti tanaman melati air yang diperoleh dari taman air milik tetangga, serta limbah cair tahu yang diperoleh dari UMKM Tahu Asin

"Sinar Bandung" di Cikampek, Kabupaten Karawang. Limbah cair tahu diambil menggunakan jerigen berukuran 5L. Selanjutnya, dilakukan proses aklimatisasi tanaman melati air dalam bak penampung yang memiliki ukuran 50 cm x 30 cm x 25 cm, dengan menggunakan media tanam berupa kerikil, pasir, dan tanah. Proses aklimatisasi berlangsung selama 7 hari untuk memastikan tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan baru dan tidak mati atau layu saat proses penelitian. Pada tahap ini, air PDAM digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, dan bak penampung diletakkan pada tempat yang sejuk serta terkena sinar matahari.

Setelah proses aklimatisasi, dilakukan proses fitoremediasi dengan menambahkan 8L limbah cair tahu ke dalam bak penampung. Proses ini berlangsung selama 7 hari, dengan pengambilan data pH dan suhu dilakukan setiap hari menggunakan pH meter dan termometer. Sampel diambil pada hari ke-3, ke-5, dan ke-7 menggunakan gelas beker berukuran 1000 mL, kemudian dipindahkan ke dalam botol untuk dianalisis lebih lanjut. Sampel yang telah diambil kemudian dibawa ke UPTD Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Karawang untuk diuji pada parameter BOD5, COD, dan TSS. Setelah itu, data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui efektivitas proses fitoremediasi terhadap limbah cair industri tahu.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Karakterisasi Awal Limbah Tahu

Uji karakteristik air limbah dilakukan untuk mengetahui kandungan awal kosentrasi pencemaran air limbah sebelum perlakuan sesuai dengan parameter baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Pengujian dilakukan untuk mengukur beberapa parameter, yaitu pH, suhu, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solids (TSS). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu
1	pH		3,6	6 – 9
2	Suhu	^oC	33	30
3	BOD_5	mg/L	201	150
4	COD	mg/L	11.371	300
5	TSS	mg/L	590	200

Berdasarkan hasil analisis, terlihat bahwa nilai pH limbah cair berada di angka 3,6 pada mula-mula, limbah ini bersifat asam dan belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Suhu limbah cair terukur sebesar 33°C, yang juga melebihi baku mutu suhu yang ditetapkan, yakni 30°C. Selain itu, hasil analisa BOD menunjukkan angka 201 mg/L, melebihi batas baku mutu sebesar 150 mg/L, sementara COD menunjukkan angka yang sangat tinggi, yaitu 11.371 mg/L, jauh di atas baku mutu yang ditetapkan sebesar 300 mg/L. Terakhir, TSS limbah cair terukur sebesar 590 mg/L, juga melebihi batas baku mutu sebesar 200 mg/L. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa limbah cair industri tahu ini secara signifikan melebihi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan, sehingga membutuhkan perlakuan khusus sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak mencemari ekosistem sekitarnya.

. Parameter yang diuji pada sampel ini adalah BOD, COD, dan TSS. Sedangkan untuk parameter pH dan suhu, pengambilan data dilakukan setiap hari. Hasil pengujian parameter disajikan pada Tabel 4.2 dan hasil pengukuran pH serta suhu dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 1 Uji Parameter Limbah Cair Industri Tahu

Waktu tinggal (hari ke-)	Parameter (mg/L)		
	BOD	COD	TSS
3	188	4.7624	376
5	175	4.206	178
7	140	3.950	144

Rata-Rata	167,67	4.306,00	232,67

Tabel 4. 2 Analisis pH dan Suhu

Waktu tinggal (hari)	pH	Suhu (^oC)
1	3,7	24
2	3,8	23
3	4	23
4	4,2	22,5
5	4,6	22,5
6	6,4	22
7	6,8	20
Rata-Rata	4,79	22,43

Selanjutnya, data hasil uji dianalisis dengan menghitung efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS pada air limbah cair tahu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif penyisihan kadar polutan setelah proses fitoremediasi. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4. 3 Efisiensi Penyisihan Kadar Polutan

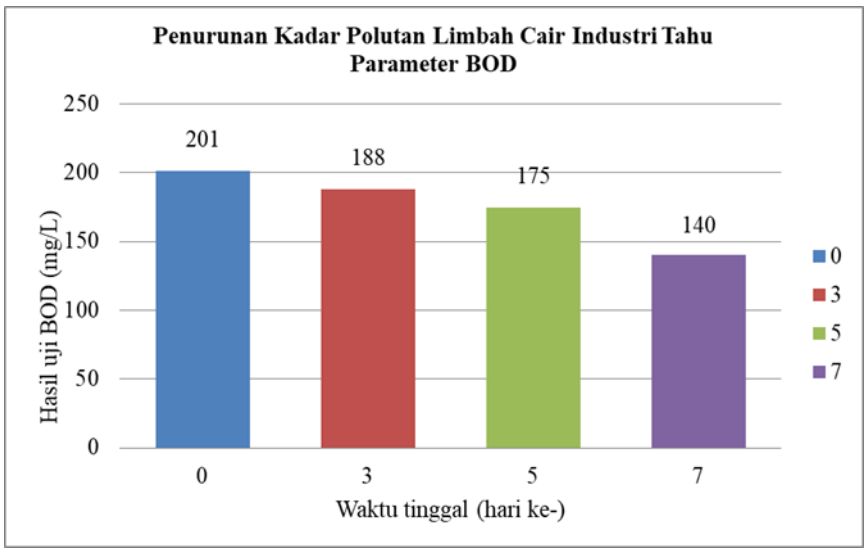
Waktu tinggal (hari)	Parameter (%)		
	BOD	COD	TSS
3	6,47	58,12	36,27
5	12,94	63,01	69,83
7	30,35	65,26	75,59

3.2 Analisis Parameter Baku Mutu Air Limbah Cair Tahu

1. Analisa Parameter BOD

Pengujian BOD (Biochemical Oxygen Demand) sesuai dengan SNI 6989.72:2009 bertujuan untuk menentukan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh

mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam contoh uji air limbah, efluen, atau air yang tercemar. . Dalam pengujian ini, air yang diuji tidak boleh mengandung atau harus sudah dihilangkan dari zat-zat toksik dan zat-zat pengganggu lainnya yang dapat menghambat proses biologis. Grafik pada Gambar 4.1 menunjukkan penurunan kadar polutan limbah cair industri tahu parameter BOD.



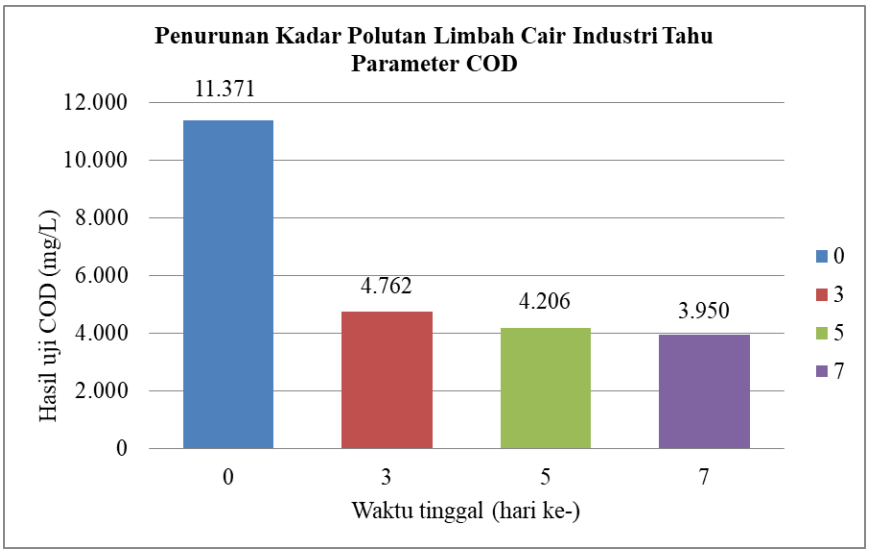
Berdasarkan Gambar 4.1 yang disajikan, hasil pengolahan limbah cair industri tahu menunjukkan penurunan kadar BOD yang signifikan dari hari ke-3 hingga hari ke-7. Pada hari ke-3, kadar BOD terukur sebesar 188 mg/L, yang masih melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 150 mg/L. Namun, pada hari ke-5, kadar BOD menurun menjadi 175 mg/L, dan terus menurun hingga mencapai 140 mg/L pada hari ke-7. Nilai BOD pada hari ke-7 ini berada di bawah baku mutu yang ditetapkan, menunjukkan bahwa proses pengolahan telah mencapai tingkat efisiensi yang memadai dalam menurunkan kadar BOD. Secara rata-rata, nilai BOD selama periode pengamatan adalah 167,67 mg/L, yang masih sedikit di atas baku mutu. Namun, tren penurunan yang konsisten menunjukkan potensi keberhasilan proses pengolahan dalam jangka panjang, terutama jika dilakukan optimasi lebih lanjut. Perbandingan dengan baku mutu yang ditetapkan melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

tentang Baku Mutu Air Limbah, serta standar yang tertuang dalam SNI 6989.72:2009, memperkuat urgensi untuk terus meningkatkan efektivitas pengolahan.

Penurunan kadar BOD dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair industri tahu dapat mencapai tingkat yang aman untuk dibuang ke lingkungan jika diolah dengan benar. Namun, masih ada ruang untuk perbaikan, terutama dalam hal mencapai konsistensi hasil yang lebih stabil dan memenuhi baku mutu dalam waktu yang lebih singkat. Selain itu, pengawasan yang ketat terhadap parameter operasional seperti pH, suhu, dan waktu tinggal akan sangat penting dalam memastikan proses pengolahan berjalan optimal.

2. Analisa Parameter COD

Pengujian COD *(Chemical Oxygen Demand)* berdasarkan SNI 6989.72:2009 bertujuan untuk menentukan kebutuhan oksigen kimiawi dalam air limbah. Parameter COD sering digunakan sebagai indikator utama dalam mengukur tingkat pencemaran air oleh bahan organik yang dapat terurai secara kimia. Hasil pengolahan air limbah diukur pada hari ke-3, ke-5, dan ke-7, dengan hasil analisa penurunan kadar polutan yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dibawah ini.

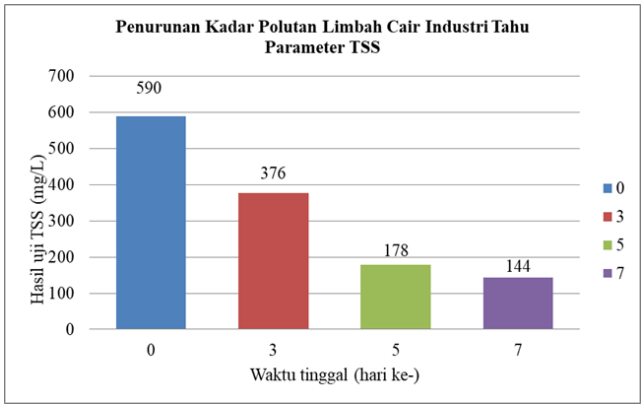


Hasil analisis pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi COD pada hari ke-3 adalah 4.762 mg/L, kemudian turun menjadi 4.206 mg/L pada hari

ke-5, dan mencapai 3.950 mg/L pada hari ke-7. Rata-rata konsentrasi COD selama periode ini adalah 4.306,00 mg/L, yang masih berada di atas batas baku mutu sebesar 300 mg/L. Hasil ini mengindikasikan bahwa meskipun metode fitoremediasi yang diterapkan dapat menurunkan konsentrasi COD, namun belum cukup efektif untuk memenuhi standar lingkungan yang berlaku. Dari hasil pengujian yang dilakukan, jelas bahwa konsentrasi COD yang tersisa setelah pengolahan masih jauh melebihi batas yang diizinkan. Ini berarti bahwa limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu ini masih berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dilakukan pengolahan lebih lanjut. Kegagalan untuk mencapai baku mutu ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk kapasitas sistem wetland yang tidak memadai untuk menangani volume dan konsentrasi limbah yang tinggi, serta durasi pengolahan yang mungkin perlu diperpanjang untuk mencapai hasil yang diinginkan. Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan kandungan nutrisi di dalam air juga dapat mempengaruhi efektivitas proses fitoremediasi

3. Analisis Parameter TSS

Pengujian TSS *(Total Suspended Solids)* berdasarkan SNI 6989.3:2019 bertujuan untuk mengukur jumlah residu tersuspensi yang ada dalam air atau air limbah. Pengujian ini dilakukan dengan metode gravimetri, di mana sampel air disaring untuk menangkap partikel tersuspensi, kemudian partikel tersebut dikeringkan dan ditimbang untuk menentukan konsentrasinya. Grafik pada Gambar 4.3 dibawah ini menunjukkan hasil analisa penurunan kadar polutan air limbah cair tahu dengan parameter TSS.

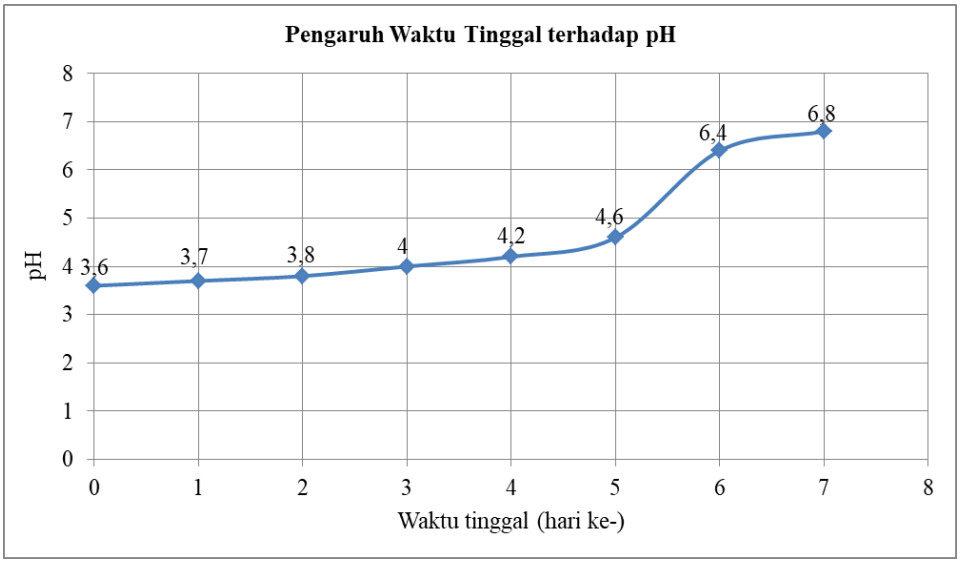


Pada grafik penurunan kadar polutan limbah cair industri tahu berdasarkan parameter TSS yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa penurunan terbesar terjadi antara hari ke-0 hingga hari ke-3, dengan penurunan sebesar 214 mg/L. Hal ini dapat diartikan bahwa dalam tiga hari pertama, proses pengolahan limbah cair sudah mulai efektif dalam mengurangi kandungan TSS. Selanjutnya, dari hari ke-3 hingga hari ke-5, terjadi penurunan sebesar 198 mg/L, yang juga menunjukkan efektivitas yang berkelanjutan. Pada hari ke-7, penurunan TSS menjadi lebih lambat, hanya berkurang 34 mg/L, menunjukkan bahwa sistem telah mencapai titik stabilitas dalam menurunkan kadar TSS. Secara keseluruhan, rata-rata penurunan TSS selama tujuh hari adalah sebesar 232,67 mg/L, yang mana nilai ini masih berada di atas baku mutu yang diizinkan, yaitu 200 mg/L. Namun, hasil pada hari ke-5 dan ke-7 menunjukkan bahwa TSS sudah mulai mendekati baku mutu, dengan nilai masing-masing sebesar 178 mg/L dan 144 mg/L.

Ini menunjukkan bahwa metode pengolahan yang digunakan sudah cukup efektif dan dapat diterapkan sebagai solusi pengolahan limbah cair industri tahu. Namun, hasil pada hari ke-3 masih menunjukkan nilai TSS di atas baku mutu yang diizinkan, yaitu sebesar 376 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengolahan perlu waktu lebih lama agar kadar TSS dapat mencapai standar yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, untuk mencapai hasil yang lebih optimal, durasi pengolahan mungkin perlu diperpanjang atau dilakukan perbaikan pada desain sistem *constructed wetland* yang digunakan.

.

3.3 Analisis pH dan Suhu pada Fitoremediasi

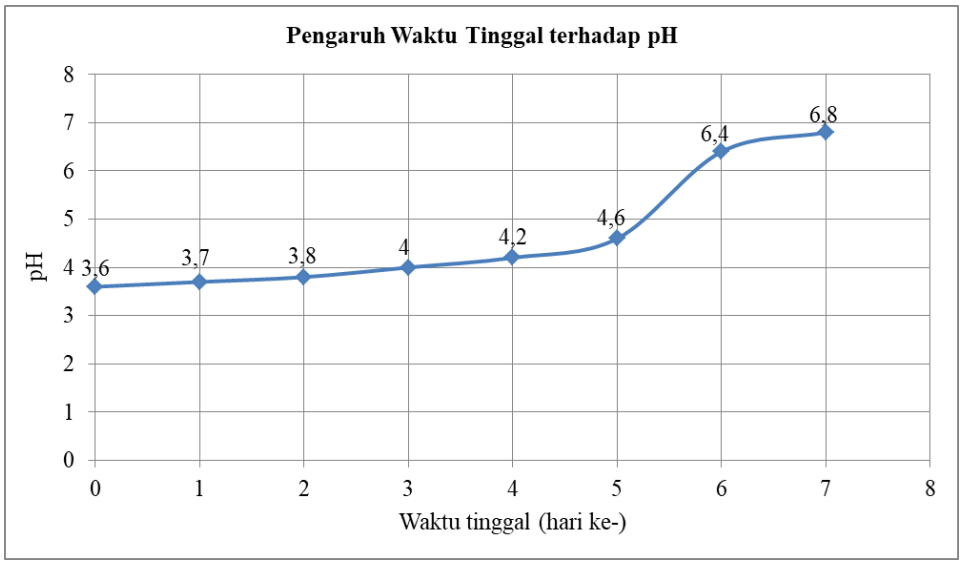


Gambar 3. Pengaruh *degree of swelling* terhadap selektifitas membran

Pada grafik penurunan kadar polutan limbah cair industri tahu berdasarkan parameter TSS yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa penurunan terbesar terjadi antara hari ke-0 hingga hari ke-3, dengan penurunan sebesar 214 mg/L. Hal ini dapat diartikan bahwa dalam tiga hari pertama, proses pengolahan limbah cair sudah mulai efektif dalam mengurangi kandungan TSS. Selanjutnya, dari hari ke-3 hingga hari ke-5, terjadi penurunan sebesar 198 mg/L, yang juga menunjukkan efektivitas yang berkelanjutan. Pada hari ke-7, penurunan TSS menjadi lebih lambat, hanya berkurang 34 mg/L, menunjukkan bahwa sistem telah mencapai titik stabilitas dalam menurunkan kadar TSS. Secara keseluruhan, rata-rata penurunan TSS selama tujuh hari adalah sebesar 232,67 mg/L, yang mana nilai ini masih berada di atas baku mutu yang diizinkan, yaitu 200 mg/L. Namun, hasil pada hari ke-5 dan ke-7 menunjukkan bahwa TSS sudah mulai mendekati baku mutu, dengan nilai masing-masing sebesar 178 mg/L dan 144 mg/L . Ini menunjukkan bahwa metode pengolahan yang digunakan sudah cukup efektif dan dapat diterapkan sebagai solusi pengolahan limbah cair industri tahu.

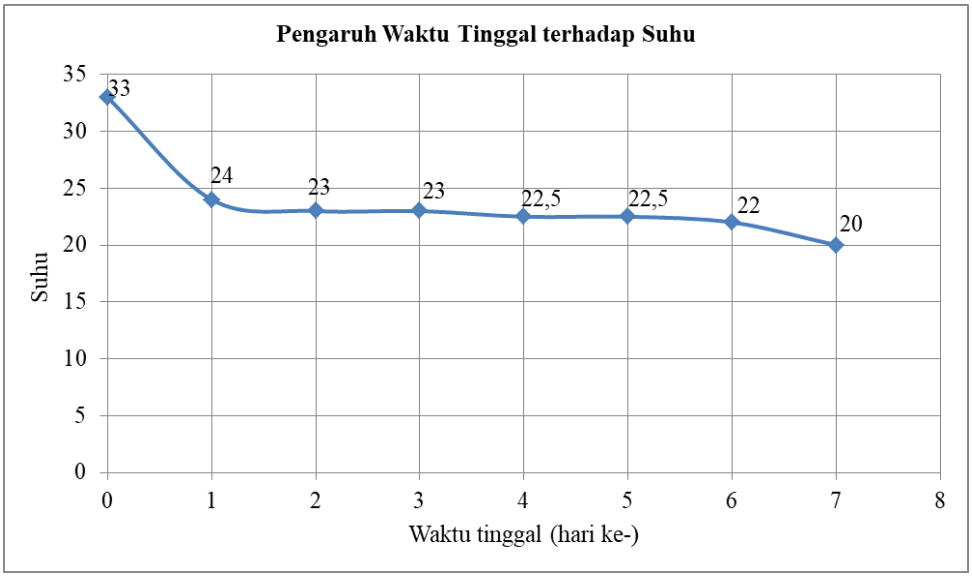
Namun, hasil pada hari ke-3 masih menunjukkan nilai TSS di atas baku mutu yang diizinkan, yaitu sebesar 376 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pengolahan perlu waktu lebih lama agar kadar TSS dapat mencapai standar yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, untuk mencapai hasil yang lebih optimal, durasi pengolahan mungkin perlu diperpanjang atau dilakukan perbaikan pada desain sistem *constructed wetland* yang digunakan.

3.4 Pengaruh pH dan Suhu pada Fitoremediasi



Gambar 4.5 menunjukkan grafik perubahan suhu air selama tujuh hari fitoremediasi. Pada mula-mula, suhu air adalah 33°C, dan kemudian menurun drastis pada hari pertama pengamatan menjadi 24°C. Setelah itu, suhu menurun secara bertahap dan stabil pada kisaran 23°C hingga 22,5°C hingga hari kelima, sebelum menurun lagi menjadi 20°C pada hari ketujuh. Penurunan suhu ini menunjukkan adanya proses yang dapat disebabkan oleh aktivitas biologis dalam *constructed wetland*. Tanaman melati air mungkin memainkan peran dalam menstabilkan suhu air, namun juga memungkinkan terjadinya pendinginan karena penguapan dan proses metabolisme yang memanfaatkan energi panas. Selain itu, suhu yang lebih rendah cenderung menguntungkan proses bioremediasi karena

meningkatkan aktivitas mikroorganisme tertentu yang berperan dalam degradasi kontaminan.

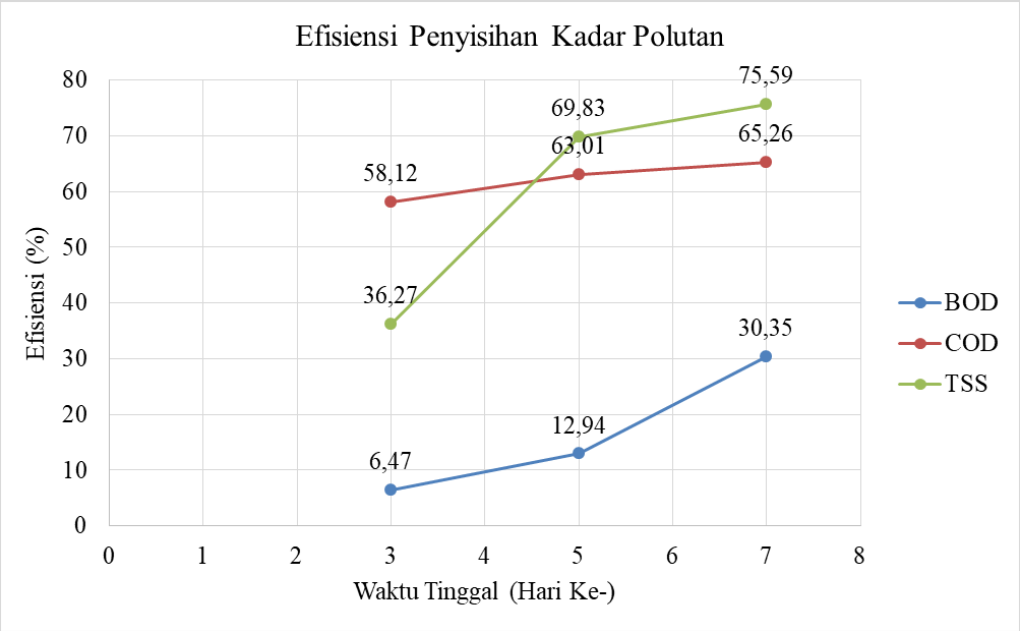


Hasil analisa karaktetistrik awal, pH air adalah 3,6, menunjukkan kondisi asam. Seiring berjalannya waktu, pH meningkat secara bertahap hingga mencapai 6,8 pada hari ketujuh. Peningkatan pH ini menunjukkan bahwa proses fitoremediasi dengan menggunakan melati air efektif dalam menetralkan keasaman air, yang kemungkinan besar disebabkan oleh penghilangan kontaminan asam melalui mekanisme seperti penyerapan ion hidrogen oleh tanaman, atau aktivitas mikroorganisme yang berasosiasi dengan akar tanaman. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa tanaman air, seperti melati air, memiliki kemampuan untuk menetralkan pH dalam lingkungan yang tercemar. Hal tersebut terjadi karena tanaman air dapat melepaskan senyawa basa ke dalam air atau memfasilitasi aktivitas mikroba yang meningkatkan pH.

3.5 Analisis Efisiensi Penyisihan Kadar Polutan

Penyisihan kadar polutan pada air limbah terjadi melalui proses fisika, kimia, dan biologi yang kompleks antara tanaman, tumbuhan, dan mikoorganisme. Grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.6 menunjukkan efisiensi penyisihan kadar polutan (BOD, COD, dan TSS) selama proses fitoremediasi

dengan metode *constructed wetland* menggunakan tanaman melati air dalam rentang waktu 3, 5, dan 7 hari. Analisis ini akan membahas tren dan pola penyisihan polutan yang terjadi serta mengaitkannya dengan penelitian terdahulu.



Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *constructed wetland* dengan tanaman melati air efektif dalam mengurangi BOD, COD, dan TSS dari air limbah cair industri tahu. Efisiensi penyisihan yang semakin meningkat seiring dengan waktu tinggal menunjukkan bahwa tanaman air ini dapat memberikan solusi jangka panjang dan berkelanjutan untuk pengolahan air limbah. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan hasil yang serupa, di mana peningkatan waktu tinggal dalam *constructed wetland* secara signifikan meningkatkan efisiensi penyisihan berbagai polutan.

Penelitian oleh(Zhang et al., 2021) juga menemukan bahwa tanaman air, termasuk melati air, berperan penting dalam meningkatkan efisiensi penyisihan polutan karena kemampuannya dalam menyerap dan memetabolisme berbagai bahan kimia, serta mendukung aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengolahan air. Efisiensi penyisihan yang tinggi untuk COD dan TSS juga menunjukkan bahwa *constructed wetland* dapat menjadi alternatif yang efektif

untuk sistem pengolahan air limbah konvensional, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas. Peningkatan efisiensi penyisihan seiring dengan waktu tinggal menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam mengurangi konsentrasi polutan melalui berbagai mekanisme fisik, kimia, dan biologis. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyoroti potensi *constructed wetland* sebagai solusi pengolahan air limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan

4. Simpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa waktu tinggal dalam proses fitoremediasi berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar polutan, serta perubahan nilai pH dan suhu pada air limbah industri tahu. Semakin lama waktu tinggal yang diberikan, maka semakin besar penurunan kadar polutan yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pH dan suhu yang memengaruhi aktivitas fisiologis tanaman, seperti metabolisme dan fotosintesis, yang pada akhirnya berperan penting dalam proses degradasi bahan organik di dalam air limbah. Efisiensi penyisihan polutan menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya waktu tinggal, dengan hasil tertinggi tercapai pada hari ke-7. Pada hari tersebut, penurunan kadar BOD mencapai 30,35%, COD sebesar 65,26%, dan TSS sebanyak 75,59%, menandakan bahwa proses fitoremediasi menggunakan tanaman melati air efektif dalam menurunkan tingkat pencemaran pada limbah cair industri tahu.

5. Daftar Pustaka

Cucikodana, Y., Almaniar, S., Dwijayanti, A., Maulana, F., & Muhlisoh, N. A. (2024). Wardana, Safril Kartika. *PENILAIAN DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN MENGGUNAKAN LIFE CYCLE ASSESMENT (LCA) PADA INDUSTRI TAHU KAMPUNG JANGKAR KULON, CILEGON BANTEN*, *13*(2), 97–106.

Darmajana, D. A. (2015). *Pemanfaatan teknologi tepat guna dalam penerapan cleaner production di industri kecil pengolahan tahu di Subang dan Sumedang (Cetakan pertama)*. LIPI Press.

Lorensia, R. E., & Rachmadiarti, F. (2024). The Ability of Mexican Sword Plant (Echinodorus palaefolius) as Copper (Cu) Phytoremediator. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, *13*(3), 429–436.

Nur, F. (2013). Fitoremediasi logam berat kadmium (Cd). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, *1*(1), 74–83.

Pradana, T. D., Suharno, S., & Apriansyah, A. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan Kadar TSS Dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, *4*(2), 56–65.

Rahadian, R., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). Efisiensi penurunan COD dan TSS dengan fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu (Pistia stratiotes L) Studi Kasus: Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *6*(3), 1–8.

Riyanti, A., Kasman, M., & Kasman, M. (2019). Efektivitas Penurunan Chemichal Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland. *Jurnal Daur Lingkungan*, *2*(1), 16–30.

Srilestari, E., & Munawwaroh, A. (2021). Effectiveness of Subsurface Flow-Wetlands to Reducing TSS Levels and Stabilizing pH in Tofu Liquid Waste. *Jurnal Biologi Tropis*, *21*(1), 15–21.

Warisaura, A. D., Fadlilah, I., & Prasetya, A. (2019). Studi Stabilitas Sistem Sub Surface Flow Constructed Wetland (SSF-CW) Menggunakan Tanaman Melati Air dan Media Tanam Zeolit untuk Menurunkan Logam Hg. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *1*(1), 17–27.

Zhang, H., Tang, W., Wang, W., Yin, W., Liu, H., Ma, X., Zhou, Y., Lei, P., Wei, D., Zhang, L., Liu, C., & Zha, J. (2021). A review on China's constructed wetlands in recent three decades: Application and practice. *Journal of Environmental Sciences*, *104*(10), 53–68.