



Efektivitas Karbon Aktif Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe

Lia Cundari^{1*}, Ahmad Adi Suhendra², Siti Rachmi Indahsari³, Muhammad Asnari⁴, Bazlina Dawami Afrah⁵, Agung Gunawan⁶, Muhammad Ma'Aruf Alfatih⁷ 

^{1,5,6,7} Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

^{2,3,4} PT. Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit III, Palembang, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received July 04, 2022

Revised July 08, 2022

Accepted September 14, 2022

Available online October 25, 2022

Kata Kunci:

Keramik Zeolit, Separator Baterai, Tepung Jagung

Keywords:

Zeolite Ceramics, Battery Separators, Corn Flour



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Limbah cair tempe berwarna kecokelatan yang berarti memiliki kekeruhan tinggi sehingga apabila langsung dibuang ke badan air akan merusak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas karbon aktif eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada pengolahan limbah cair tempe: penyisihan COD, TSS, kekeruhan dan isotherm adsorpsi. Limbah cair dari industri tempe dan pertumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) yang sangat cepat. Limbah cair tempe yang dihasilkan oleh pengrajin memiliki kepekatan yang tinggi, bersifat asam, dan bau khas yang menyengat. Penelitian dilakukan secara batch dalam skala laboratorium dengan memvariasikan dosis adsorben (1, 3, 5 gr). Analisis terhadap nilai COD, TSS, kekeruhan dan pH dilakukan terhadap sampel awal dan setelah proses adsorpsi. Data penelitian digunakan untuk menghitung persentase penyerapan dari adsorben dan isotherm adsorpsi yang berlangsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif eceng gondok mampu menurunkan 26% COD, 73% TSS, dan 81% kekeruhan. Kondisi limbah tempe masih berada pada rentang pH asam yaitu berkisar antara 4,21-4,59 di semua variasi dosis dan waktu. Proses adsorpsi pada pengolahan limbah cair tempe ini mengikuti model isotherm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1,98-12,3 mg/g. Hal ini membuktikan bahwa karbon aktif eceng gondok dapat menjadi alternatif adsorben dalam pengolahan limbah cair tempe.

ABSTRACT

Tempe liquid waste is brown in color which means it has high turbidity so that if it is directly discharged into water bodies it will damage the environment. This study aims to analyze the effectiveness of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) activated carbon in tempe wastewater treatment: removal of COD, TSS, turbidity and adsorption isotherms. Liquid waste from the tempe industry and the very fast growth of water hyacinth (*Eichornia crassipes*). Tempe liquid waste produced by craftsmen has a high concentration, is acidic, and has a pleasant characteristic odor. The research was carried out in batches on a laboratory scale by varying the adsorbent dose (1, 3, 5 g). Analysis of the value of COD, TSS, turbidity and pH was carried out on the initial sample and after the adsorption process. The data used to calculate the percentage of absorption of the adsorbent and the adsorption isotherm that took place. The results showed that activated carbon of water hyacinth was able to reduce 26% COD, 73% TSS, and 81% turbidity. Tempe waste conditions were still in the acidic pH range, which ranged from 4.21-4.59 in all variations of the dose and. The adsorption process in tempe wastewater treatment follows the Langmuir isotherm model with a maximum adsorption capacity of 1.98-12.3 mg/g. This proves that activated carbon of water hyacinth can be an alternative adsorbent in the treatment of tempe liquid waste.

1. PENDAHULUAN

Produksi tempe di Indonesia didominasi oleh industri skala rumah tangga yang belum memiliki sistem pengolahan limbah yang baik. Salah satu sentra penghasil tempe yaitu pengrajin tempe di kelurahan plaju, kota Palembang, Indonesia. Limbah yang berasal dari industri tempe terdiri dari dua jenis, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat ini dapat berupa kulit ataupun kedelai yang rusak dan biasanya dimanfaatkan kembali sebagai pakan ternak seperti sapi. Limbah cair dihasilkan dari proses perendaman, pencucian dan perebusan kedelai yang menggunakan banyak air (Prasetio & Widyastuti, 2020). Limbah cair ini umumnya dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu sehingga menimbulkan penurunan kualitas air, tanah, dan bau yang tidak sedap di sekitar lingkungan. Limbah cair tempe berwarna kecokelatan yang berarti memiliki kekeruhan tinggi sehingga apabila langsung dibuang ke badan air akan merusak lingkungan (Campos et al., 2021; Novita et al., 2020; Tuhu & Winata, 2011). Air limbah yang mengandung bahan organik yang relatif tinggi biasanya juga memiliki pH rendah (4.0 -

*Corresponding author.

E-mail addresses: liacundari@ft.unsri.ac.id (Lia Cundari)

5.5)(Bisekwa et al., 2021; Novita et al., 2019). Limbah dari pengolahan tempe mempunyai kadar *biological oxygen demand* (BOD) sekitar 5.000 - 10.000 mg/l dan *chemical oxygen demand* (COD) sekitar 7.000 - 12.000 mg/l. Awal BOD sebesar 6244 mg/l, COD sebesar 33800 mg/l, dan *total suspended solids* (TSS) sebesar 7100 mg/l (Lisa et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan pengolahan limbah cair tempe sebelum dibuang ke lingkungan seperti dengan proses adsorpsi, fitoremediasi, filtrasi, koagulasi, dan lain-lain.

Beberapa tanaman yang mampu dalam mengurangi zat kontaminan yang terdapat pada limbah cair dalam metode fitoremediasi juga sangat bervariasi, salah satunya adalah eceng gondok (Emelda et al., 2013; Mochochoko et al., 2013; Novita et al., 2019, 2020; Puspawati, 2017; Singh & Balomajumder, 2021). Dengan menggunakan kiambang, kangkung air dan eceng gondok mampu menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS dalam limbah cair tempe (Novita et al., 2019). Tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) memiliki kemampuan paling besar untuk menurunkan kandungan parameter kualitas air dalam limbah cair pembuatan tempe berupa kekeruhan sebesar 85,03%; TSS sebesar 66,44%; COD sebesar 59,11%; BOD sebesar 77,91%; dan N sebesar 61,77% (Novita et al., 2019). Berdasarkan kandungan dan hasil penyisihan dengan metode fitoremediasi yang cukup tinggi, maka eceng gondok dapat digunakan sebagai penyerap zat organik, anorganik dan logam berat. Eceng gondok merupakan jenis tanaman yang sering ditemui di perairan yang sering menjadi gulma karena pertumbuhan dan perkembangannya yang cepat sehingga menutupi perairan dan menimbulkan permasalahan lingkungan. Eceng gondok mengandung selulosa 60%, hemiselulosa 8%, lignin 17%, 15-18% serat, 17,2% protein kasar dan 16-20% abu yang terdiri dari karbon, kalsium, kalium, belerang dan mangan (Nuria et al., 2020). Karena memiliki daya serap polutan yang baik, eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai biofilter alami (Enyew et al., 2020; Mochochoko et al., 2013; Sanmuga Priya & Senthamil Selvan, 2017). Kandungan selulosa yang tinggi dapat menjadikan eceng gondok sebagai bahan baku untuk menghasilkan adsorben (Abou El-Maaty, 2014; Azhari et al., 2017; M. Faisal, 2015; Nurhilal et al., 2020; Sarkar et al., 2017; Shofiyani & Gusrizal, 2010). Pemanfaatan eceng gondok sebagai penyerap dilakukan dengan mengolahnya menjadi karbon aktif menggunakan metode pirolisis.

Beberapa adsorben yang pernah dipakai dalam pengolahan limbah cair tempe yaitu karbon aktif dari kayu merbau (Setyaningrum et al., 2019), tongkol jagung, biji asam jawa, zeolite, *bentonite* dan *poly aluminium chloride* (PAC) dan serbuk eceng gondok (Khery et al., 2013; Maulani et al., 2021; Rahmasari et al., 2021; Setyaningrum et al., 2019; Trisnadewi et al., 2017; Wicakso et al., 2018). Kondisi optimum dari pengolahan limbah industri tahu tempe dengan menggunakan karbon aktif dari kayu merbau berhasil menurunkan kadar COD sebesar 60,6% dan BOD sebesar 25,5% (Setyaningrum et al., 2019). Karbon aktif dari tongkol jagung berhasil menurunkan kadar COD sebesar 42,86% (Khery et al., 2013). Karbon aktif dari biji asam jawa mampu meningkatkan nilai pH dari 3 menjadi 7, dan menurunkan kadar TSS sebesar 28,67% dan NH₃ sebesar 26,72% (Rahmasari et al., 2021). Zeolit alam berhasil menurunkan kadar COD dan BOD sebesar 23,8% dan 71,42% secara berurutan (Trisnadewi et al., 2017). *Bentonite* dan PAC mampu menyisihkan TSS sebesar 53%, total dissolved solid (TDS) sebesar 95%, BOD sebesar 87%, dan COD sebesar 84% (Maulani et al., 2021). Serbuk eceng gondok yang dioksidasi menggunakan K₂Cr₂O₇ atau KMnO₄ mampu menurunkan kadar COD sebesar 13,63-40,91% dan BOD sebesar 33,33-73,33% (Wicakso et al., 2018). Aplikasi mengunkana tawas dan karbon aktif mampu menurunkan kekeruhan sebesar 23,88%, TSS sebesar 29,84 % dan COD sebesar 54,73 % (Nurlina et al., 2015).

Berdasarkan hasil penelusuran literatur penyisihan yang berhasil dilakukan pada limbah cair tempe dengan berbagai adsorben tersebut masih belum maksimal. Penyisihan COD berkisar antara 23,8-60,6% menggunakan adsorben tunggal (Setyaningrum et al., 2019; Trisnadewi et al., 2017; Wicakso et al., 2018). Penyisihan lebih besar mencapai 54,73-84% didapatkan dengan menggunakan kombinasi adsorben (Maulani et al., 2021; Nurlina et al., 2015). Rentang penyisihan TSS berkisar antara 28,67-53%, penurunan turbiditas mencapai 23,88% (Maulani et al., 2021; Nurlina et al., 2015). Temuan penelitian sebelumnya hanya mengubah eceng gondok menjadi serbuk dan belum mampu menurunkan kadar COD sampai dibawah baku mutu lingkungan (Wicakso et al., 2018). Hal inilah yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Untuk meningkatkan efektivitas eceng gondok tersebut, mengkonversi eceng gondok menjadi karbon aktif menggunakan metode pirolisis, untuk selanjutnya digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan limbah cair tempe. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas karbon aktif eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada pengolahan limbah cair tempe: penyisihan COD, TSS, kekeruhan dan isotherm adsorpsi. Penelitian dilakukan secara batch dengan memvariasikan dosis adsorben. Parameter uji yang dianalisis yaitu COD, TSS, kekeruhan dan pH. Data penelitian akan diolah untuk menghitung persentase penyisihan COD, TSS, dan kekeruhan serta untuk menghitung *isotherm* adsorpsinya.

2. METODE

Penelitian dilakukan dengan mengkonversi eceng gondok menjadi karbon aktif menggunakan metode pirolisis. Selanjutnya karbon aktif ini digunakan sebagai adsorben dalam menyerap kontaminan dalam limbah cair tempe dengan memvariasikan dosis adsorben. Penelitian dilakukan secara *batch* dalam skala laboratorium. Lokasi penelitian berada di Laboratorium PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) Refinery Unit (RU) III Plaju, Palembang, Indonesia. Variabel tetap berupa kecepatan *shaker* sebesar 120 rpm, ukuran adsorben sekitar 20 mesh, dan volume limbah cair tempe sebanyak 200 ml. Variabel bebas berupa dosis adsorben (1, 3, 5 gr). Alat yang digunakan adalah alat gelas, neraca analitis (Sartorius BSA 2244S), *shaker* (SWB30-Shaking Bath Water Type 50 CAT NUMBER 154555), *furnace* (Carblite Gero AAF 1100), *oven* (Mettler E07086), desikator, ayakan 20 mesh, botol *sample*, *container plastic*, *stopwatch*, masker, dan sarung tangan. Bahan yang digunakan adalah eceng gondok, limbah cair tempe, *aquadest*, H₃PO₄ 1 M (*technical grade*), kertas saring, dan *aluminium foil*. Eceng gondok (*E. crassipes*) dikumpulkan dari perairan sekitar PT. KPI RU III Plaju, Palembang, Indonesia. Eceng gondok yang digunakan berukuran tinggi 30-50 cm dengan warna daun hijau tua. Bagian yang digunakan dalam penelitian ini hanya batang dan daun. Preparasi dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air PDAM sebanyak 3 kali diikuti dengan pencucian menggunakan *aquadest* sebanyak 3 kali. Eceng gondok bersih kemudian diperkecil hingga berukuran 5 cm. Eceng gondok ini dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 48 jam. Eceng gondok kering ini kemudian diperkecil ukurannya hingga 20 mesh.

Eceng gondok kering diimpregnasi dalam larutan H₃PO₄ 1 M dengan rasio 3:1 w/w selama 2 hari pada suhu ruang. Selanjutnya dimasukkan dalam *furnace* dimana terjadi proses pirolisis dengan sedikit/tanpa oksigen dengan suhu 600°C selama 3 jam. Karbon aktif yang dihasilkan didinginkan hingga mencapai suhu ruang, dicuci dengan *aquadest* hingga pH netral (6-7), dan dioven pada suhu 110°C selama 3 jam. Adsorben yang dihasilkan adalah karbon aktif eceng gondok. Karbon aktif eceng gondok ini diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair tempe. Limbah cair tempe merupakan sisa hasil produksi dari Pengrajin Tempe Kelurahan Plaju yang beralamat di Jl. Asia Kecamatan Plaju, Palembang, yang merupakan daerah ring 1 di sekitar PT KPI RU III Plaju. Karbon aktif eceng gondok diaplikasikan pada limbah cair secara *batch* dalam skala laboratorium. Dosis adsorben bervariasi yaitu 1, 3, 5 g per 200 ml volume limbah cair tempe. Waktu kontak antara adsorben dengan limbah cair yaitu setiap 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, dan 240 menit. Dalam aplikasinya, sejumlah berat adsorben dimasukkan ke dalam limbah cair kemudian diaduk menggunakan *shaker* berkecepatan 120 rpm hingga waktu kontak yang ditentukan.

Tabel 1. Metode pengumpulan dan analisis parameter kualitas air limbah

Parameter	Metode analisis-alat ukur	Rujukan
COD	Spektrofotometrik- MERCK Spectroquant Prove 600 No. 335	Panduan Analisis COD PT. KPI RU III
TSS	Gravimetri-TSS meter	SNI 06-6989.3-2004
Kekeruhan	Spektrofotometrik-Turbidimeter Hanna HI 98703	QI/LKA/11
pH	Elektrometri-pH meter	SNI 06-6989.11- 2004

Kandungan pengotor dalam limbah cair tempe berupa COD, TSS, kekeruhan, dan pH *input* dan *output* diukur untuk melihat besar penyisihan yang terjadi. Metode pengukuran parameter uji dan instrument disajikan pada Tabel 1. Analisis dan pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan persen penyisihan dan menghitung kapasitas adsorpsi (mg/g). Persen penyisihan baik COD, TSS, kekeruhan, dan pH dihitung, C₀ adalah konsentrasi awal parameter, C_e adalah konsentrasi parameter pada waktu *t*. Data TSS digunakan untuk perhitungan kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi (*q_e*) menyatakan jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g), *V* adalah volume air limbah (liter), dan *m* adalah massa adsorben yang digunakan (gram). Data tersebut juga digunakan untuk menghitung pendekatan model isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Persamaan Langmuir dan isotherm Freundlich (Balarak & Salari, 2019; Batool et al., 2018; Cundari et al., 2018; Wijayanti et al., 2018). Dimana K mewakili konstanta kesetimbangan adsorpsi Langmuir (L/mg), q_m mewakili kapasitas adsorpsi maksimum (teoritis) dari adsorben (mg/g), K_f mewakili kapasitas adsorpsi Freundlich suatu sistem, apakah proses adsorpsi menguntungkan atau tidak, yaitu pada rentang 1-20 [(mg/g) (L/mg)ⁿ], dan n menunjukkan kesesuaian model dengan proses adsorpsi (n > 1).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

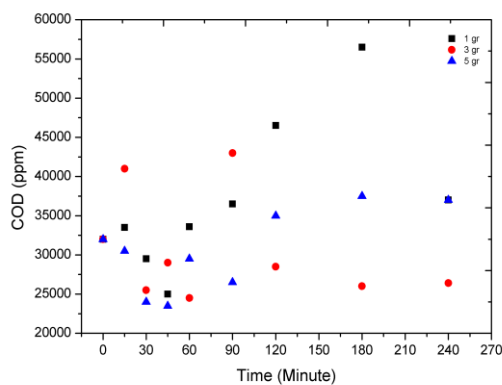
Hasil

Limbah cair tempe memiliki kepekatan yang sangat tinggi, kental, bersifat asam, berwarna kuning kecoklatan dan berbau tak sedap. Hasil analisis awal dari limbah tempe disajikan pada [Tabel 2](#). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2008 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai, kadar COD, TSS dan pH limbah awal tidak memenuhi baku mutu sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Setelah pengaplikasian menggunakan karbon aktif eceng gondok selama 240 menit yang mengalami perubahan fisik berupa perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi putih keruh, hal ini akan tergambar dari data TSS dan kekeruhan yang menurun hingga 73% dan 80,89% secara berurutan. Setelah aplikasi, bau khas limbah tempe dan kekentalan tidak mengalami perubahan. Kadar awal COD dalam limbah tempe sangatlah besar menandakan banyaknya zat organik yang sulit terurai dalam limbah tempe tersebut. Penurunan COD maksimum terjadi ketika aplikasi adsorben dengan dosis 5 gram dalam waktu 45 menit, yaitu sebesar 26,56% seperti disajikan dalam [Gambar 1](#). Rentang nilai COD yang dihasilkan setelah proses adsorpsi yaitu 23.500-56.500 mg/l.

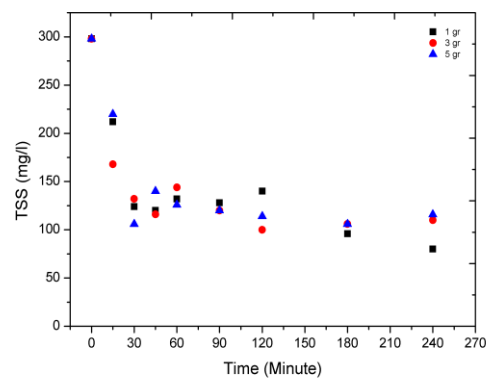
Tabel 2. Karakteristik awal limbah cair tempe

Parameter	Nilai hasil pengukuran	Baku mutu lingkungan	Satuan
COD	32000	300	mg/l
TSS	298	100	mg/l
Kekeruhan	154	25*	NTU
pH	4,4	6-9	-

Untuk nilai TSS dalam limbah tempe menunjukkan nilai 3 kali lebih besar dari baku mutu lingkungan yang dibolehkan yaitu sebesar 298 mg/l. [Gambar 2](#) menunjukkan trend penurunan yang sama dalam ketiga variasi dosis tersebut. TSS maksimum bisa diturunkan hingga 80 mg/l (penyisihan 73,15% pada [Gambar 3](#)) terjadi ketika aplikasi dengan dosis 1 gr dalam waktu 240 menit dan angka ini telah memenuhi baku mutu lingkungan.

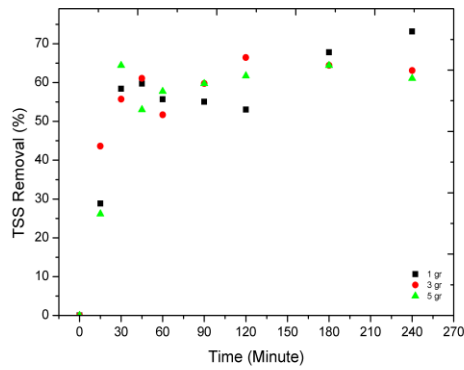


Gambar 1. Nilai COD dalam limbah cair tempe dengan pengaplikasian karbon aktif eceng gondok

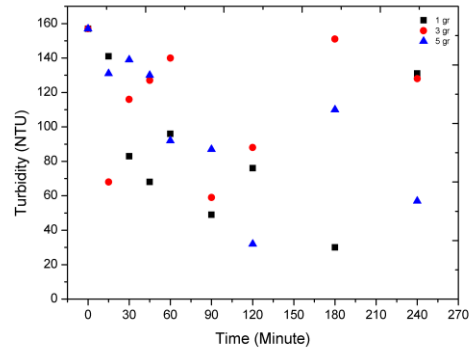


Gambar 2. Nilai TSS dalam limbah cair tempe dengan pengaplikasian karbon aktif eceng gondok

Data kekeruhan pada limbah tempe sangat fluktuatif terlihat dari [Gambar 4](#). Nilai kekeruhan awal adalah 154 NTU. Nilai kekeruhan menurun secara perlahan terlihat dari perubahan warna menjadi putih keruh. Untuk baku mutu kekeruhan pada limbah cair tempe tidak dicantumkan, akan tetapi semakin jernih akan semakin baik untuk lingkungan. Kekeruhan setelah proses adsorpsi berkisar antara 30-141 NTU. Nilai kekeruhan maksimum yang berhasil diturunkan hingga 30 NTU dengan persen penyisihan kekeruhan sebesar 81% pada variasi dosis 1 gr dan waktu 180 menit, seperti disajikan pada [Gambar 5](#).

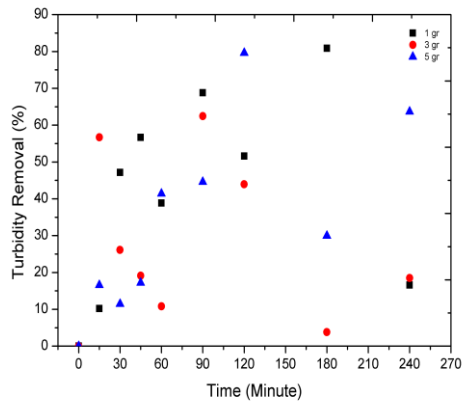


Gambar 3. TSS Removal dalam limbah cair tempe dengan pengaplikasian karbon aktif eceng gondok

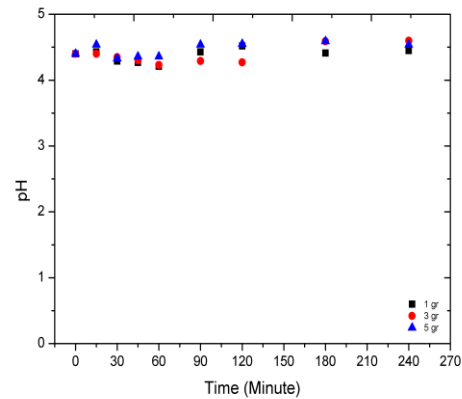


Gambar 4. Nilai kekeruhan dalam limbah cair tempe dengan pengaplikasian karbon aktif eceng gondok

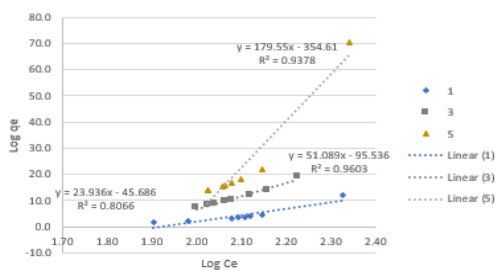
Penggunaan karbon aktif eceng gondok tidak mempengaruhi perubahan derajat keasaman pada limbah tempe. Kondisi limbah tempe masih berada pada rentang pH asam yaitu berkisar antara 4,21-4,59 di semua variasi dosis dan waktu seperti disajikan pada Gambar 6.



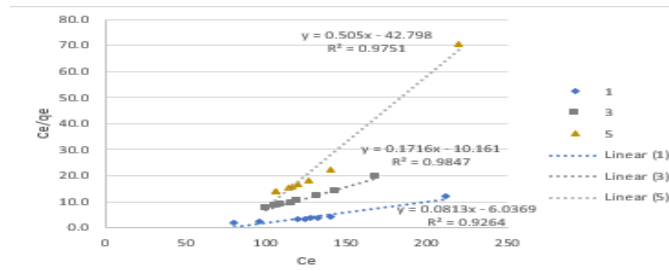
Gambar 5. Turbidity Removal dalam limbah cair tempe dengan pengaplikasian karbon aktif eceng gondok



Gambar 6. Nilai pH pada aplikasi karbon aktif eceng gondok pada limbah tempe



(a)



(b)

Gambar 7. Grafik isoterm terhadap TSS (a) Isoterm langmuir, dan (b) Isoterm Freundlich

Analisis *isotherm* adsorpsi dilakukan dengan menggunakan data TSS dengan mengolah data TSS menggunakan persamaan (2)-(4). Analisis hasil *isotherm* Freundlich terhadap TSS pada limbah tempe dengan dosis 1, 3, 5 gram pada isoterm Freundlich hasil R² adalah sebagai berikut 0,8066; 0,9603; 0,9378. Hasil untuk isoterm langmuir terhadap TSS pada limbah tempe dengan dosis adsorben sebesar 1, 3, 5 gram didapatkan nilai R² sebesar 0,9264; 0,9847; dan 0,9751. Isoterm Freundlich dan langmuir dapat digunakan untuk menggambarkan proses adsorpsi yang terjadi, karena lebih sesuai karena nilai kuadrat regresi mendekati 1 (Wijayanti et al., 2018). Dengan melihat Gambar 7 maka dapat disimpulkan proses adsorpsi karbon aktif eceng gondok pada limbah cair tempe ini mengikuti model isotherm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1,98-12,3 mg/g dan konstanta Langmuir sebesar 0,011-0,017 l/mg.

Pembahasan

Data nilai COD yang ditunjukkan [Gambar 1](#) sangat fluktuatif dikarenakan kondisi limbah awalnya yang mencapai 32.000 mg/l, terlampau kental dan banyak mengandung partikel padat. Zat organik yang terlalu banyak dalam limbah cair tempe menyebabkan pori-pori adsorben cepat sekali tertutup, yang menyebabkan proses penyisihan tidak maksimal. Nilai awal COD yang besar juga mencapai 33.800 mg/l yang menurunkan parameter limbah tahu menggunakan kombinasi aerasi dan adsorpsi hanya mampu menurunkan hingga 19.283 mg/l, atau sekitar 43% penyisihan ([Lisa et al., 2018](#)). Penelitian yang menggunakan serbuk eceng gondok juga belum mampu menurunkan kadar COD hingga masuk ke baku mutu lingkungan, penurunan hanya mencapai sekitar 500-550 mg/l dari kondisi awal sekitar 900 mg/l ([Wicakso et al., 2018](#)). Nilai COD ini masih sangat jauh dari baku mutu lingkungan yang dibolehkan yaitu sebesar 300 mg/l. Limbah yang sangat kental ini menyebabkan pori-pori adsorben tertutup partikel padat dengan sangat cepat sehingga sangat berpengaruh terhadap kinerja karbon aktif. Persen penyisihan COD dalam limbah tempe ini menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan zeolite ([Trisnadewi et al., 2017](#)). Nilai COD removal karbon aktif eceng gondok lebih kecil daripada hasil penelitian ([Khery et al., 2013](#); [Setyaningrum et al., 2019](#); [Wicakso et al., 2018](#)). Persen penyisihan COD menggunakan adsorben tunggal dalam limbah cair tempe dari berbagai sumber menunjukkan kekurangan efektifitas dilihat dari persen penurunan hanya berkisar antara 23,8-60,6% ([Khery et al., 2013](#); [Setyaningrum et al., 2019](#); [Trisnadewi et al., 2017](#); [Wicakso et al., 2018](#)).

Berdasarkan [Gambar 2](#), penurunan TSS berlangsung cepat hingga menit ke-30, setelahnya tetap terjadi penurunan walaupun tidak signifikan. Hal ini berarti adsorpsi berlangsung cepat pada 30 menit awal dan melambat di menit berikutnya. Hal ini terjadi karena adsorben yang perlahan jenuh, dimana pori-pori adsorbennya mulai terisi oleh padatan tersuspensi sehingga semakin lamanya waktu maka penurunan TSS juga tidak banyak terpengaruh. Nilai TSS setelah proses adsorpsi berkisar antara 80-220 mg/l. [Gambar 3](#) menunjukkan persentase penyisihan TSS oleh karbon aktif eceng gondok dengan penyisihan berkisar antara 26-73%. Kondisi optimum tercapai pada menit ke-30 dengan persen *removal* sebesar 58%, 55%, 64% untuk variasi dosis adsorben 1,3,5 gr secara berurutan. Penelitian menggunakan karbon aktif eceng gondok berhasil menyisihkan TSS lebih baik daripada menggunakan biji asam jawa dan bentonit ([Maulani et al., 2021](#); [Rahmasari et al., 2021](#)). Penurunan kekeruhan dapat terjadi akibat adanya penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme yang juga biasa disebut dengan fitodegradasi ([Ansari et al., 2020](#); [Polińska et al., 2021](#)). Merujuk pada hasil penelitian, tanaman eceng gondok memiliki prinsip rizofiltrasi untuk menurunkan kekeruhan yakni penyerapan kontaminan bersama air dan nutrient untuk diendapkan pada bagian tanaman ([Singh & Balomajumder, 2021](#)). Penelitian ini mampu menurunkan kekeruhan hingga 30 NTU atau sekitar 81% yang menunjukkan performa lebih baik dari pada penggunaan kombinasi tawas dan karbon aktif ([Nurlina et al., 2015](#)). Untuk baku mutu kekeruhan dalam limbah cair tempe tidak tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2008. Akan tetapi jika merujuk pada parameter air bersih, tingkat kekeruhan maksimum yang dibolehkan adalah 25 NTU. Hal ini berarti nilai kekeruhan pengolahan limbah cair tempe menggunakan karbon aktif eceng gondok ini belum memenuhi baku mutu lingkungan.

Rentang nilai pH setelah adsorpsi masih berada dalam kondisi asam dan belum sesuai baku mutu lingkungan. Dari tren pH yang disajikan pada [Gambar 6](#), semakin lama waktu nilai pH semakin meningkat atau menuju ke arah netral meskipun kenaikannya sangat perlahan. Hal ini menandakan bahwa membutuhkan waktu kontak yang lebih lama untuk bisa mencapai kondisi limbah sesuai baku mutu dan aman untuk di buang ke lingkungan. Hal ini juga disebabkan kondisi awal limbah cair tempe yang sangat pekat dengan hasil uji COD 100 kali lipat dari baku mutu lingkungan sangat mempengaruhi performa karbon aktif eceng gondok. Tingginya kontaminan dalam limbah cair tempe ini menyebabkan pori-pori adsorben tertutup dengan sangat cepat sehingga meskipun waktu kontak diperlama tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan parameter uji. Dalam hal ini hanya nilai TSS yang telah memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2008. Faktor bahwa limbah tempe yang sangat kental dan asam. Temuan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa untuk mengolah limbah tempe membutuhkan metode tambahan selain dengan adsorpsi yaitu menggunakan proses koagulasi dan filtrasi ([Nurlina et al., 2015](#)). Kogulan digunakan untuk membuat partikel-partikel padat yang halus bergabung membentuk gumpalan, gumpalan ini dapat dipisahkan dengan proses filtrasi, selanjutnya baru pengolahan limbah menggunakan adsorpsi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi limbah sehingga akan mempermudah kerja adsorben, selain itu hal ini juga dilakukan agar adsorben tidak cepat jenuh. Penggunaan kombinasi tawas dan karbon aktif berhasil meningkatkan penyerapan TSS dan COD. Kedua proses yang dilakukan (koagulasi dan adsorpsi) memberikan hasil yang cukup baik untuk menurunkan bahan pencemar di dalam limbah cair industri tahu tempe yakni penurunan kekeruhan sebesar 96,18%, TSS sebesar 95,70% dan COD sebesar 80,73% ([Nurlina et](#)

al, 2015). Hasil uji berupa koagulan biji trembesi 2,2 g/L yang ditambahkan pada limbah tempe menghasilkan persentase penurunan tertinggi yaitu berturut-turut sebesar 66%, 79% dan 97% (Amanda et al., 2019). Keunggulan yang paling efektif untuk menurunkan kadar COD yaitu pada koagulan campuran PAC dan tawas dimana hasil penurunan yang paling optimum terdapat pada banyak koagulan 10 gram dengan penurunan 50,299% (Puspawati, 2017). Berdasarkan hasil keseluruhan parameter uji, karakteristik awal dari limbah cair tempe sangat mempengaruhi performa dari karbon aktif eceng gondok. Untuk meningkatkan efektivitas penyisihan pada pengolahan limbah cair tempe dapat digunakan kombinasi adsorben ataupun kombinasi proses pengolahan.

4. SIMPULAN

Eceng gondok (*E. crassipes*) dikonversi menjadi karbon aktif melalui proses pirolisis. Karbon aktif eceng gondok diaplikasikan pada pengolahan limbah cair tempe. Dikarenakan kondisi limbah tempe yang kental, pekat, dan asam maka kinerja yang ditunjukkan oleh adsorben kurang optimal. Hal ini terlihat dari persentase penyisihan yang belum maksimal dan belum memenuhi baku mutu lingkungan untuk parameter COD, kekeruhan, dan pH. Untuk nilai TSS, penggunaan karbon aktif eceng gondok dapat menurunkan hingga sesuai baku mutu lingkungan. Berdasarkan analisis *isotherm*, proses adsorpsi karbon aktif eceng gondok pada limbah tempe ini mengikuti model *isotherm* Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1,98-12,3 mg/g..

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abou El-Maaty, E.-W. A. (2014). Removal of Lead from Aqueous Solution on Activated Carbon and Modified Activated Carbon Prepared from Dried Water Hyacinth Plant. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*, 5(2). <https://doi.org/10.4172/2155-9872.1000187>.
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea Saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Bod, Cod, Tss Dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92. <https://doi.org/10.19184/bip.v2i3.16275>.
- Ansari, A. A., Naeem, M., Gill, S. S., & AlZuaibr, F. M. (2020). Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.03.002>.
- Azhari, M. R., Saleh, C., & Yusuf, B. (2017). Pemanfaatan Serbuk Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Teraktivasi Dengan Sistem Kantong Celup Sebagai Adsorben Penjerap Ion Logam Kadmium (Cd). *Jurnal Atomik*, 02(2), 197–203.
- Balarak, D., & Salari, A. A. (2019). Error Analysis of Adsorption Isotherm Models for Sulfamethazine onto Multi Walled Carbon Nanotubes. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 25(6), 1–10. <https://doi.org/10.9734/jpri/2018/v25i630121>.
- Batool, F., Akbar, J., Iqbal, S., Noreen, S., & Bukhari, S. N. A. (2018). Study of Isothermal, Kinetic, and Thermodynamic Parameters for Adsorption of Cadmium: An Overview of Linear and Nonlinear Approach and Error Analysis. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3463724>.
- Bisekwa, E., Njogu, P., & Taye Kufa, O. (2021). Effluent Quality of Wet Process Coffee Processing Factories in Coffee Growing Ecological Zones in Burundi. *International Journal of Water and Wastewater Treatment*, 7(1), 32–38. <https://doi.org/10.16966/2381-5299.176>.
- Campos, R. C., Pinto, V. R. A., Melo, L. F., Rocha, S. J. S. S. da, & Coimbra, J. S. (2021). New sustainable perspectives for “Coffee Wastewater” and other by-products: A critical review. *Future Foods*, 4(June). <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100058>.
- Cundari, L., Sari, K. F., & Anggraini, L. (2018). Batch Study, Kinetic and Equilibrium Isotherms Studies of Dye Adsorption of Jumpitan Wastewater onto Betel Nuts Adsorbent. *Journal of Physics: Conference Series*, 1095(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1095/1/012018>.
- Emelda, L., Putri, S. M., & Ginting, S. (2013). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Krom (Cr3+). *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 9(4), 166. <https://doi.org/10.23955/rkl.v9i4.1229>.
- Enyew, B. G., Assefa, W. W., & Gezie, A. (2020). Socioeconomic effects of water hyacinth (*Eichornia Crassipes*) in Lake Tana, North Western Ethiopia. *PLoS ONE*, 15(9), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237668>.
- Khery, Y., Kurnia, N., & Kahpiyati, K. (2013). Efektifitas Penurunan COD Limbah Tempe Tahu Oleh Karbon Aktif Tongkol Jagung. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 1(1), 21. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v1i1.575>.
- Lisa, D., Syarifuddin, S., & Winarni, R. (2018). Processing Of Tofu Industrial Liquid Waste With Aeration And

- Adsorption Combined Methods In Reducing Levels Of Bod, Cod And Tss In Tofu Industry Pela Mampang, Mampang Prapatan Sub-District - South Jakarta 2018. *SANITAS: Jurnal Teknologi Dan Seni Kesehatan*, 9(1), 44–50. <https://doi.org/10.36525/sanitas.2018.6>.
- M. Faisal. (2015). Efisiensi Penyerapan Logam Pb²⁺ Dengan Menggunakan Campuran Bentonit Dan Enceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 20–24. <https://doi.org/10.32734/jtk.v4i1.1455>.
- Maulani, M., Satiyawira, B., Nugrahanti, A., Apriniyadi, M., Nurfajrin, Z. D., Young, H., & Disaputra, M. K. (2021). Pemanfaatan pengolahan limbah industri tahu menggunakan bentonite. *Community Empowerment*, 6(10), 1892–1898. <https://doi.org/https://doi.org.10.31603/ce.5602>.
- Mochochoko, T., Oluwafemi, O. S., Jumbam, D. N., & Songca, S. P. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using cellulose extracted from an aquatic weed; Water hyacinth. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 290–294. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.05.038>.
- Novita, E., Hermawan, A. A. G., & Wahyuningsih, S. (2019). Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe Menggunakan Tiga Jenis Tanaman Air. *Jurnal Agroteknologi*, 13(01), 16. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v13i01.8000>.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Andriana Na, D., Jannah, I., & Andiananta Pradana, H. (2020). *The Use of Water Hyacinth and Cattail Plants*. 7, 121–135. <https://doi.org/https://doi.org/10.29122/jbbi.v7i1.3850>.
- Nurhilal, O., Suryaningsih, S., Faizal, F., & Sharin Lesmana, R. (2020). Pemanfaatan Eceng Gondok sebagai Adsorben Pb Asetat. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 4(1), 46–52. <https://doi.org/10.24198/jiif.v4i1.26150>.
- Nuria, F. I., Anwar, M., & Purwaningsih, D. Y. (2020). Pembuatan Karbon Aktif dari Enceng Gondok. *Jurnal Tecnoscienza*, 5(1), 37–48.
- Nurlina, Zahara, T. A., Gusrizal, Kartika, I. D., & Tanjungpura, U. (2015). Efektivitas Penggunaan Tawas Dan Karbon Aktif Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Prosiding SEMIRATA 2015*, 690–699.
- Polińska, W., Kotowska, U., Kiejza, D., & Karpińska, J. (2021). Insights into the use of phytoremediation processes for the removal of organic micropollutants from water and wastewater; a review. *Water (Switzerland)*, 13(15). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13152065>.
- Prasetio, J., & Widyastuti, S. (2020). Pupuk Organik Cair Dari Limbah Industri Tempe. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 18(2), 22–32. <https://doi.org/10.36456/waktu.v18i2.2740>.
- Puspawati, S. W. (2017). Alternatif Pengolahan Limbah Industri Tempe dengan Kombinasi Metode Filtrasi dan Fitoremediasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV*, 129–136.
- Rahmasari, K. P., Mahmudati, E., & Purwanti, E. (2021). *Analisis kemampuan remediasi karbon aktif biji Tamarindus indica L. pada limbah cair tahu*. 336–343.
- Sanmuga Priya, E., & Senthamil Selvan, P. (2017). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3548–S3558. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.03.002>.
- Sarkar, M., Rahman, A. K. M. L., & Bhoumik, N. C. (2017). Remediation of chromium and copper on water hyacinth (*E. crassipes*) shoot powder. *Water Resources and Industry*, 17(March 2015), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2016.12.003>.
- Setyaningrum, N. E., Santoso, B. B., & Mangallo, B. (2019). Studi adsorpsi limbah organik industri tahu tempe dengan karbon aktif kayu merbau [*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze]. *Cassowary*, 2(1), 86–101. <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v2.i1.24>.
- Shofiyani, A., & Gusrizal, G. (2010). Determination Of Ph Effect And Capacity Of Heavy Metals Adsorption By Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) Biomass. *Indonesian Journal of Chemistry*, 6(1), 56–60. <https://doi.org/10.22146/ijc.21774>.
- Singh, N., & Balomajumder, C. (2021). Phytoremediation potential of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for phenol and cyanide elimination from synthetic/simulated wastewater. *Applied Water Science*, 11(8). <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01472-8>.
- Trisnadewi, N. W., Dharma Putra, K. G., & Simpen, I. N. (2017). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kimia*, 157. <https://doi.org/10.24843/jchem.2017.v11.i02.p09>.
- Tuhu, A., & Winata, H. S. (2011). Pengolahan air limbah industri tahu dengan menggunakan teknologi plasma. *Jurnal Imiah Teknik Kimia*, 2(2), 19–28.
- Wicakso, D. R., Koswartin, T. K., & Hardianto, W. (2018). Adsorption of Tofu Waste Using Water Hyacinth Leaves Powder for Decreasing Bod and Cod. *Konversi*, 6(2), 36. <https://doi.org/10.20527/k.v6i2.4753>.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., & Kurniawan, C. (2018). Adsorpsi Logam Cr(VI) Dan Cu(II) Pada Tanah Dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 242–248. <https://doi.org/10.15294/IJCS.V2I2.1595>.