

Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca L.*) Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) Pada Air Limbah Laundry

Dhea Permatasari Putri¹, Syaisariyana Alfin Wahida², Marlinda³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kimia, Program Studi S1 Terapan Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Samarinda

E-mail: dheapermatasari032001@gmail.com¹, syaisariyanaalfin08@gmail.com², marlinda@polnes.ac.id³

Abstract. Laundry industry is one of an industry that many found in Indonesia. A result of the waste disposal laundry without any processing first has resulted in the environmental pollution. Research aims to understand time variations contact adsorbent derived from the peel of a banana kepok as a activated carbon against a decrease in the concentration value of Chemical Oxygen Demand (COD) on waste laundry through Freundlich isothermal and langmuir isothermal adsorption equation models. Methods used to process waste was the adsorption method with activated carbon derived from the peel of a kepok banana. This research used activated carbon of 0.5 grams with time variations of 20 minutes, 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes, and 60 minutes. In this study, the best result was obtained at the time variation of 60 minutes with capacity COD adsorbed was 82.9917 mg/g and the percentage of 78.78%. A pattern that occurs in COD isotherm adsorption using activated carbon of kepok banana peel yield to an isotherm Langmuir worth a maximum of a capacity adsorption 33.8983 mg/g.

Keywords : adsorption, COD, activated carbon of kepok banana peel, laundry

Abstrak. Industri laundry merupakan salah satu industri yang banyak dijumpai di Indonesia. Akibat dari pembuangan limbah laundry tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu kontak adsorben yang berasal dari kulit pisang kepok sebagai karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah laundry melalui model persamaan adsorpsi *isothermal Freundlich* dan *isothermal Langmuir*. Metode yang digunakan untuk pengolahan limbah yakni metode adsorpsi dengan karbon aktif yang berasal dari kulit pisang kepok. Variasi perlakuan pada penelitian ini menggunakan

karbon aktif sebanyak 0,5 gram dengan variasi waktu 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit. Pada penelitian ini, hasil terbaik diperoleh pada variabel waktu adsorpsi 60 menit dengan kapasitas COD (*chemical Oxygen Demand*) yang teradsorpsi sebesar 82,9917 mg/g dan persentase 78,78%. Pola *isotherm* adsorpsi yang terjadi pada COD (*Chemical Oxygen Demand*) menggunakan karbon aktif kulit pisang kepok mengikuti persamaan *isotherm Langmuir* dengan nilai kapasitas maksimum adsorpsi sebesar 33,8983 mg/g

Kata Kunci : adsorpsi, COD, karbon aktif, kulit pisang kepok, laundry

PENDAHULUAN

Peningkatan pola hidup masyarakat yang terjadi di kota besar dikeranakan tingginya jam kerja dan aktivitas yang dilakukan. Mengakibatkan permintaan masyarakat terhadap layanan jasa rumah tangga semakin meningkat pula. Salah satu layanan jasa yang sering digunakan oleh masyarakat adalah jasa pencucian pakaian (*laundry*). Tingginya permintaan masyarakat terhadap jasa pencucian (*laundry*) meyebebaskan industri pencuci pakaian (*laundry*) semakin bertambah banyak. Pembuangan limbah *laundry* langsung ke lingkungan yang tidak diolah terlebih dahulu mengakibatkan pencemaran pada lingkungan. Limbah *laundry* mengandung fosfat, surfaktan, *BOD*, *COD*, ammonia, kadar padatan terlarut, nitrogen, dan kekeruhan yang tinggi berasal dari penggunaan deterjen.

Kadar *COD* (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi dalam suatu perairan mengakibatkan kandungan oksigen dalam perairan tersebut menjadi rendah sehingga, mengakibatkan ekosistem yang ada dalam perairan menjadi terganggu. (Rahmawati et al., 2013). Dengan begitu limbah *laundry* harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke selokan atau badan sungai.

Metode adsorpsi merupakan salah satu metode pengolahan limbah cair secara fisika yang bisa digunakan untuk menurunkan kadar *COD* (*Chemical Oxygen Demand*). Terjadinya proses adsorpsi dikarenakan adanya kontak antara padatan dengan molekul-molekul cair atau gas. Bahan yang digunakan dalam metode adsorpsi adalah karbon aktif. Karbon aktif berfungsi sebagai media penyerap atau disebut juga sebagai adsorben (Nurhaliq et al., 2022).

Bahan baku dari pembuatan karbon aktif ialah semua bahan yang mengandung karbon. Dapat berasal dari tanaman, hewan maupun dari barang tambang. Kulit pisang merupakan salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai karbon aktif. Kulit Pisang mengandung lignin (6% - 12%), pektin (10% - 21%), selulosa (7,6% - 9,6%) dan hemiselulosa (6,4% - 9,4%) (Mohapatra et al., 2010). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Adinata, 2013) menjelaskan bahwa karbon aktif yang berasal dari kulit pisang memiliki kemampuan adsorpsi sebesar 96,56%. Jenis kulit pisang yang banyak digunakan sebagai adsorben adalah kulit pisang kepok.

Penelitian ini akan dilakukan dengan dua proses yaitu proses pembuatan arang aktif dan proses pengolahan limbah *laundry*. Proses pembuatan arang aktif dengan aktivasi fisika seperti pada penelitian (Elvitriana et al., 2017) namun menggunakan bahan baku yang berbeda yaitu kulit pisang kepok dan aktivasi kimia seperti pada penelitian Rasela dan Anita (2018) dengan pengaplikasian limbah yang berbeda yaitu menggunakan limbah *laundry*. Proses pengolahan limbah dengan kondisi proses pada penelitian Masrianita (2015) dengan menggunakan limbah yang berbeda yaitu limbah *laundry*, dan penelitian ini juga menghitung model persamaan isothermal adsorpsi *COD* (*Chemical Oxygen Demand*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu kontak adsorben yang berasal dari kulit pisang kepok sebagai karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi nilai *COD* (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah *laundry* melalui model persamaan adsorpsi *isothermal Freundlich* dan *isothermal Langmuir*.

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah guna mengurangi limbah kulit pisang kepok yang dapat digunakan sebagai karbon aktif dan meningkatkan daya serap adsorben dari kulit pisang kepok yang lebih baik.

METODOLOGI

- 1) *Furnace* atau tanur
- 2) Blender
- 3) Ayakan -80 dan +100 mesh
- 4) Loyang
- 5) Oven
- 6) Pisau / Gunting
- 7) Erlenmeyer
- 8) Gelas kimia
- 9) Bulp
- 10) Pipet ukur dan volume
- 11) Neraca digital
- 12) Kaca arloji
- 13) Krusibel
- 14) Cawan porselin

Bahan

- 1) Kulit Pisang Kepok
- 2) *Aquadest*
- 3) $K_2Cr_2O_7$
- 4) H_2SO_4
- 5) $HgSO_4$
- 6) Ag_2SO_4

Prosedur Penelitian

Preparasi Bahan Baku

- 1) Mencuci kulit pisang kepok dengan air mengalir sampai bersih
- 1) Memanaskan kulit pisang kepok dengan menggunakan furnace selama 1 jam pada suhu 500
- 2) Mendinginkan karbon didalam deksikator e. *Fixed Carbon* (ASTM D 3172)
- 3) Menghaluskan karbon menggunakan blender
- 4) Mengayak karbon menggunakan ayakan -80 dan +100 mesh

Aktivasi Kimia Karbon Aktif

- 1) Memasukkan karbon aktif sebanyak 20 gram ke dalam Erlenmeyer
- 2) Memasukan larutan NaOH 0,5 N sebanyak 250 ml
- 3) Mengaduk larutan dengan menggunakan *stirrer* selama 2 jam
- 4) Menyaring larutan campuran menggunakan kertas saring *Whatman No. 42*
- 5) Mencuci karbon aktif dengan *aquadest* sampai pH netral
- 6) Mengeringkan kulit pisang kepok yang telah disaring dengan oven pada suhu 110 hingga didapatkan berat yang konstan

Aktivasi Fisika Karbon Aktif

- 1) Memasukan karbon aktif yang telah diaktivasi kimia ke dalam krusibel
- 2) Memasukkan krusibel ke dalam *furnace* selama kurang lebih 2 jam dengan suhu 800
- 3) Mendinginkan karbon aktif didalam deksikator

Pengujian Katarkteristik Karbon

- a. Kadar Air (ASTM D3173 – 2017)
- b. Kadar Abu (ASTM D3174 – 2012)
- c. *Volatile Matter* (ASTM D 3175)
- d. Uji Daya Serap (ASTM D4607 – 2021)

Alat

- 15) Cawan petridish
- 16) *Digestion vessel*
- 17) Kertas saring *whatman no 42*
- 18) Corong
- 19) *Shaker*
- 20) Deksikator
- 21) Gegep
- 22) Buret, statif dan klem
- 23) *Magnetic stirrer*
- 24) Spektrofotometer *UV-Vis*
- 25) *Heating block*
- 26) Kuvet
- 27) Labu ukur

- 7) NH_2SO_3H
- 8) Larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat
- 9) KIO_3
- 10) HCl Pekat
- 11) $Na_2S_2O_3$
- 12) Indikator kanji
- 2) Memotong kulit pisang kepok menjadi ukuran yang lebih kecil
- 3) Menjemur kulit pisang kepok sampai kering dengan bantuan sinar matahari

Pembuatan Karbon Aktif

- 1) Memanaskan kulit pisang kepok dengan menggunakan furnace selama 1 jam pada suhu 500
- e. *Fixed Carbon* (ASTM D 3172)

Pengaplikasian Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok

- 1) Menyiapkan sampel limbah *laundry*
- 2) Memasukkan 0,5 gram karbon ke erlenmeyer yang telah berisi limbah *laundry* sebanyak 50 ml
- 3) Mengaduk campuran karbon aktif dan limbah *laundry* dengan *shaker* kecepatan 100 rpm dengan variasi waktu adsorpsi 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.
- 4) Memisahkan filtrat menggunakan corong dan kertas saring *Whatman No. 42*

Pengujian COD (Chemical Oxygen Demand)

- 1) Memasukan 2,5 mL sampel, 1,5 mL *digestion Solution* dan 3,5 mL pereaksi asam sulfat kedalam tabung COD
- 2) Menutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen
- 3) Melakukan refluks dengan meletakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150 selama 2 jam
- 4) Mendinginkan sampel yang sudah direfluks sampai suhu ruang
- 5) Mengukur serapan sampel pada panjang gelombang yang telah ditentukan (600 nm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan diketahui karakteristik dari karbon aktif kulit pisang kepok didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 1 Karakteristik Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok

Analisa	Hasil	SNI
Kadar Air	2,15 %	Maksimum 15%
Kadar Abu	15,98%	Maksimum 10%
<i>Volatile Matter</i>	8,98%	Maksimum 25%
Kadar <i>Fixed Karbon</i>	72,89 %	Minimum 65%
Daya Serap Iod	766,67 mg/g	Minimum 750 mg/g

Dari analisa kadar pengujian COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada air limbah laundry “Bukit

laundry Indah” kecamatan Karang Asam Ulu yang telah diadsorbsi dengan menggunakan karbon aktif dari kulit pisang kepok didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 2 Data Hasil Pengujian COD (Chemical Oxygen Demand)

Waktu (menit)	Massa karbon aktif (g)	Volume sampel (L)	Konsentrasi awal limbah (mg/L)	Konsentrasi akhir imbah (ce) (mg/L)
20	0,5	0,05	1053,520	602,846
30				325,965
40				307,014
50				289,241
60				223,603

Tabel 3 Data Perhitungan Persamaan Adsorbsi

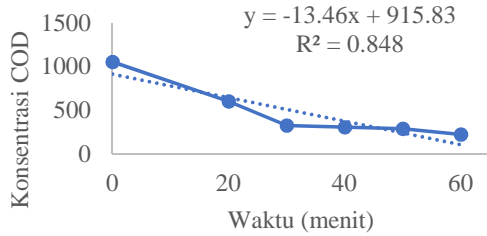
Persentase adsorpsi (%)	Konsentrasi akhir (ce) (mg/L)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	Ce/Qe	Log Qe	Log Ce
42,7779	602,846	45,0674	13,377	1,6539	2,7802
69,0594	325,965	72,7555	4,480	1,8619	2,5132
70,8582	307,014	74,6506	4,113	1,8730	2,4872
72,5452	289,241	76,4279	3,784	1,8833	2,4613
787,756	223,603	82,9917	2,694	1,9190	2,3495

Tabel 4 Hasil Perhitungan Isotherm Langmuir dan Freundlich

<i>Isotherm Langmuir</i>			<i>Isotherm Freundlich</i>		
q _m (mg/g)	K _L (L/mg)	R ²	n	K _F (L/mg)	R ²
33,8983	-0,00639	0,9875	-1,5424	2956,6505	0,9611

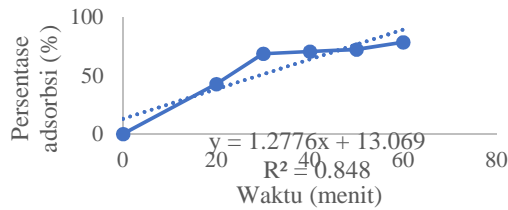
Pembahasan
Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Kadar COD
(Chemical Oxygen Demand)

Waktu kontak mempengaruhi proses adsorpsi dikarenakan semakin lama kontak antara karbon aktif dengan limbah maka proses difusi dan penempelan zat pengotor semakin baik (Arini & Aminah, 2020). Penelitian kali ini melakukan variasi waktu kontak yang berbeda yaitu 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.



Gambar 1 Garfik waktu adsorpsi terhadap konsentrasi COD

Pada gambar 1 ditunjukkan bahwa adanya grafik hubungan antara waktu adsorpsi terhadap konsentrasi COD (*Chemical Oxygen demand*) mengalami penurunan cukup baik. Dilihat dari gambar 2 Semakin lama waktu adsorpsi pada limbah laundry, semakin rendah kadar COD (*chemical Oxygen Demand*) yang dihasilkan.



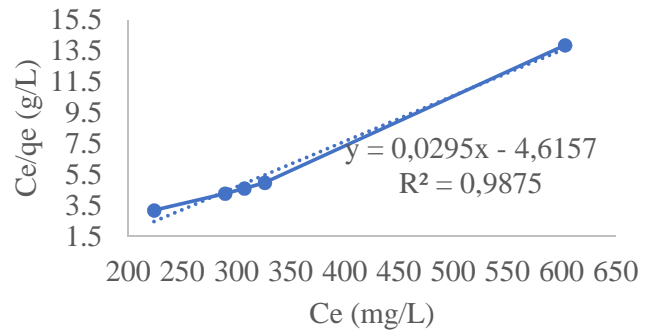
Gambar 2 Grafik waktu kontak adsorpsi terhadap persentase adsorpsi

Pada gambar 2 ditunjukkan waktu terbaik dalam penyerapan COD (*Chemical Oxygen Demand*) berada pada 60 menit. Adsorpsi dengan waktu yang lebih lama menurunkan konsentrasi COD lebih besar lagi sehingga meningkatkan persentase adsorpsi. Penurunan konsentrasi COD dikarenakan proses adsorpsi yang terjadi antara karbon aktif kulit pisang kepok dengan zat organik pada limbah laundry. Detergen yang terkandung dalam limbah laundry terdapat zat organik yang akan diserap oleh karbon aktif dan melekat pada permukaan karbon. Pada karbon aktif terdapat jaringan porous (berongga) yang luas untuk menjerap partikel organik. Karbon aktif menjerap partikel-partikel kecil yang mengalami kontak dengannya. Adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika dikarenakan terjadi gaya Van Der Waals. Permukaan karbon aktif menarik partikel organik pada limbah laundry mengakibatkan partikel

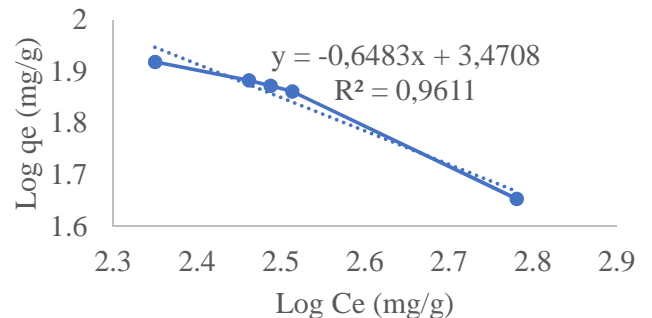
organik akan terjerap pada permukaan karbon aktif. Adanya daya tarik menarik antara partikel dengan permukaan karbon aktif lebih besar dibandingkan partikel itu sendiri. Sehingga, semakin lama kontak antara karbon aktif dengan limbah maka semakin banyak partikel yang menempel pada karbon aktif (Wicheisa et al., 2018).

Persamaan Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi adalah hasil penelitian adsorpsi statis yang mana adsorbat dan adsorben dikontakkan dengan waktu tertentu hingga mencapai kesetimbangan (Poursaeidesfahani et al., 2019). Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menunjukkan pola isotherm adsorpsi yang khas. Konsentrasi zat yang diadsorpsi, jenis adsorben, jenis zat yang diadsorpsi, jenis adsorben, luas permukaan adsorben, dan temperatur adalah beberapa faktor yang berpengaruh selama proses adsorpsi. Sehingga, setiap adsorben akan memiliki pola adsorpsi yang berbeda. Diketahui bahwa terdapat dua pola persamaan *isotherm* adsorpsi yang digunakan dalam proses adsorpsi larutan, yaitu persamaan adsorpsi *Langmuir* dan *Freundlich* (Wijayanti & Kurniawati, 2019). Penentuan pola *isotherm* adsorpsi dihitung dengan mengubah persamaan dari *isotherm Langmuir* dan *Freundlich* menjadi kurva kesetimbangan dengan garis lurus. Penentuan persamaan kesetimbangan dipengaruhi nilai koefisien determinan (R) dengan nilai yang tinggi. (Sanjaya & Agustine, 2015). Model *isotherm* adsorpsi dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 3 Grafik linierisasi *isotherm Langmuir*



Gambar 4 Grafik linierisasi *isotherm Freundlich*

Pengujian pola *isotherm* adsorpsi yang sesuai untuk proses penyerapan COD (*Chemical Oxygen Demand*) oleh karbon aktif dari kulit pisang kepok yakni menghitung persamaan *Langmuir* dan *Freundlich* sebelum membuat grafik, pertama menentukan nilai dari q_e , C_e/q_e , $\log q_e$ dan $\log C_e$ seperti yang terdapat pada tabel 3, dilakukan pemetaan grafik dari data pada tabel 3 menggunakan excel dengan memplotkan nilai C_e/q_e vs C_e didapatkan persamaan *Langmuir* kemudian memplotkan $\log q_e$ vs $\log C_e$ sehingga didapatkan persamaan *Freundlich*. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan grafik linierisasi *isotherm Langmuir* dan *isotherm Freundlich*.

Pada penelitian ini penyerapan COD (*Chemical Oxygen Demand*) menggunakan karbon aktif kulit pisang kepok menunjukkan bahwa adsorpsi yang lebih sesuai adalah *isothermal Langmuir* dibandingkan dengan *isothermal Freundlich*. Hal ini dapat dilihat dari R^2 pada persamaan *isothermal Langmuir* yaitu 0,9875 dan pada *isothermal Freundlich* R^2 didapat 0,9611. Hasil persamaan *isothermal Langmuir* didapatkan nilai KL sebesar $-0,00639 \text{ L/mg}$ dan nilai q_m sebesar $33,8983 \text{ mg/g}$.

Penelitian kali ini mendapatkan konsentrasi awal COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar $1053,52 \text{ mg/L}$, setelah dikontakan dengan karbon aktif kulit pisang kepok dengan waktu optimum 60 menit menjadi sebesar $223,603 \text{ mg/L}$ dengan daya serap adsorpsi sebesar $82,9917 \text{ mg/g}$. Hasil yang diperoleh dari perhitungan dengan persamaan *Langmuir* didapatkan daya serap adsorpsi sebesar $33,8983 \text{ mg/g}$, hasil tersebut lebih rendah dibandingkan dengan daya serap adsorpsi pada waktu optimum.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil dari penelitian dapat disimpulkan :

1. Kondisi optimum adsorpsi COD (*Chemical Oxygen Demand*) menggunakan karbon aktif dari kulit pisang kepok berada pada waktu adsorpsi 60 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar $82,9917 \text{ mg/g}$ dan persentase 78,78%.
2. Pola *isotherm* adsorpsi yang terjadi pada COD (*Chemical Oxygen Demand*) menggunakan karbon aktif kulit pisang kepok cenderung mengikuti persamaan *isotherm Langmuir* dengan nilai q_m sebesar $33,8983 \text{ mg/g}$ yang menunjukkan daya maksimum adsorben (mg) dalam menyerap adsorbatnya (g)

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka diperlukan penelitian lebih lanjut yang bertujuan untuk mengoptimalkan daya serap karbon aktif kulit pisang kepok dengan variasi aktivasi seperti aktivator, konsentrasi aktivator, suhu aktivasi, dan waktu aktivasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, M. R. (2013). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang sebagai Karbon Aktif. *Universitas Pembangunan Nasional "Veteran,"* 42.
- Aditya, H. T. (2015). Ekstraksi Daun Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) dan Daun Mindi (*Melia azedarach*) Untuk Uji Kandungan Azadirachtin Menggunakan Spektrofotometer. *Universitas Diponegoro,* 6–22.
http://eprints.undip.ac.id/48056/8/10_BA_B_II.pdf
- Ahmad, J., & EL-Dessouky, H. (2008). Design of a modified low cost treatment system for the recycling and reuse of laundry waste water. *Resources, Conservation and Recycling,* 52(7), 973–978.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.03.001>
- Alviomora, C., Mifbakhudin, & Wardani, R. S. (2018). Fitoremediasi Tanaman Daun Kiambang Dan Kayu Apu Terhadap Penurunan Kadar COD Limbah Cair Home Industry Batik (Kampung Batik Rejomulyo Semarang). *Fitoremediasi Tanaman Daun Kiambang Dan Kayu Apu Terhadap Penurunan Kadar COD Limbah Cair Home Industry Batik (Kampung Batik Rejomulyo Semarang),* 28.
- Arini, G. A., & Aminah, S. (2020). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis* L.F) Sebagai Adsorben Logam Cu (II). *Media Eksakta,* 16(2), 89–97.
<https://doi.org/10.22487/me.v16i2.739>
- Badan Standarisasi Nasional, B. (2009). *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand / COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri.*
- Elvitriana, Vera Viena, Muhammad Nizar, & Sari Wardani. (2017). Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Adsorben Dari Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata L) Yang Diaktivasi Secara Fisika. *Jurnal Teknik Kimia USU,* 6(1), 19–22.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v6i1.1560>
- Fadri, A. E. (2018). *Adsorpsi Logam Besi (Fe) pada Air Gambut Menggunakan Karbo Aktif Cangkang Kelapa Sawit Serta Potensinya sebagai Bahan Ajar.* 12–36.
- Masriatini, R. (2015). Karbon Aktif dari Limbah Kulit Pisang Sebagai Adsorben Pada Limbah Tenun Songket. *Jurnal Media Teknik,* 12, 9.
- Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: An overview. *Journal of Scientific and Industrial Research,* 69(5), 323–329.
- Nurhaliq, D. F., Lingkungan, P. K., Masyarakat, F. K., Indonesia, U. M., & K, E. P. K. (2022).

- Efektivitas Karbon Aktif Dalam Menurunkan Konsentrasi COD.* 2(6).
- Peraturan, D. P. K. T. N. 02 T. 2011. (2011). *Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Ju.*
- Poursaeidesfahani, A., Andres-Garcia, E., de Lange, M., Torres-Knoop, A., Rigutto, M., Nair, N., Kapteijn, F., Gascon, J., Dubbeldam, D., & Vlugt, T. J. H. (2019). Prediction of adsorption isotherms from breakthrough curves. *Microporous and Mesoporous Materials*, 277, 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.10.037>
- Putri, M. H., Nur Jazuli, & Hanan Lanang. (2016). Perbedaan Efektivitas *Constructed Wetlandssubsurface Flow System* Dan *Free Water Surface* Pada tanaman *Cattail* Untuk Menurunkan Bod, COD Dan Fosfat Limbah *Laundry* Di Kelurahan Tembalang, Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5), 18–27. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Rahmawati, R., Chadijah, S., & Ilyas, A. (2013). Analisa Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Cair Laboratorium Biokimia UIN Makassar Menggunakan Fly Ash (Abu Terbang) Batubara. *Al-Kimia*, 1(1), 64–75.
- Rasela, Y., & Anita, S. (2018). Sebagai Adsorben Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca L) Sebagai Adsorben Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*, 5, 1–10.
- Sa'diyah, K., & Lusiani, C. E. (2022). Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v6i1.259>
- Sanjaya, A. S., & Agustine, R. P. (2015). Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *Konversi*, 4(1), 17. <https://doi.org/10.20527/k.v4i1.261>
- Badan Pusat Statistik (2021). *Produksi Tanaman Pisang*. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/pr-duksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Suartika, I., & Cangtika, T. (2012). *Modifikasi Zeolit Dengan Menambahkan Karbon Aktif Dari Alang-Alang (Impreta silindrika) Sebagai Adsorben Gas CO Dari Kendaraan Bermotor*. 15(2), 1–23.
- Suharto, B., Anugroho, F., & Putri, F. K. (2020). Degradation Phosphate Level of Laundry Wastewater Using Column Adsorption with Granular Activated Carbon (GAC) Media. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(1), 36–46.
- Sundari, ningrum aria. (2015). Analisa Pengaruh Solvent Terhadap Kestabilan Pigmen Antosianin Pada Kulit Buah Naga Putih Menggunakan *Spektrofotometer Spectonic Genesys 20 Visible (Analysis Solvent Effect On Stability Pigments Anthocyanin Of Peel White Dragon Fruit Using Spectrophotomet. Repository*, 5, 10–31.
- Wicheisa, F. V., Hanani, Y., & Astorina, N. (2018). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 6(6), 135–142.
- Widyastuti, P., & Ester, M. (2006). *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*.
- Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 4(2), 175. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.6119>