



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://jurnal.fkmumi.ac.id/index.php/woh/article/view/woh5202>

Bioadsorben Campuran Kulit dan Tongkol Jagung untuk Menurunkan Kadar BOD Limbah Batik

Miftakhul Jannah¹, Ferry Kriswandana², Marlik³, Iva Rustanti Eri Wardojo⁴

¹²³⁴Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Surabaya

Email Penulis Korespondensi (K): marlik2503@gmail.com

miftakhuljannah081993@gmail.com¹, ferry.kesling@gmail.com², marlik2503@gmail.com³

ivarust.eri@poltekkesdepkes-sby.ac.id⁴

(08121727831)

ABSTRAK

Limbah cair industri batik sering menimbulkan masalah lingkungan, karena adakandung pencemar *Biochemical Oxygen Demand*/BOD. Adsorpsi menggunakan karbon aktif merupakan salah satu menurunkan BOD dalam pengolahan limbah batik. Bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung mengandung selulosa tinggi yaitu sebanyak 36.81% dan 41% yang berpotensi menjadi karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung dalam menurunkan kadar BOD limbah batik. Jenis penelitian adalah pra-experimental, dengan *Design One Group Pretest Posttest*. Variasi massa bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung dengan perbandingan (50:50), (30:70) dan (40:60) waktu kontak selama 2.5 jam dalam 500ml limbah batik. Kadar BOD diukur setelah bioadsorben dan analisis data menggunakan anova. Prosentase penurunan kadar BOD tertinggi pada variasi massa 25gr :38gr (40:60) sebesar 81.79% (9243mg/L). Kadar BOD sebelum bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung yaitu 11300mg/L dan sesudah perlakuan menjadi 2057mg/L. Dari uji Anava didapatkan bahwa ada perbedaan variasi massa bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung dalam menurunkan rerata kadar BOD yang beda pada limbah batik. Saran bagi industri batik dalam menurunkan BOD agar menggunakan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung.

Kata kunci : Limbah batik; BOD; bioadsorben campuran; kulit dan tongkol jagung

PUBLISHED BY :

Public Health Faculty
Universitas Muslim Indonesia

Address :

Jl. Urip Sumoharjo Km. 5 (Kampus II UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email :

jurnal.woh@gmail.com, jurnalwoh.fkm@umi.ac.id

Phone :

+62 85397539583

Article history :

Received 25 Oktober 2021

Received in revised form 7 November 2021

Accepted 7 Januari 2022

Available online 25 April 2022

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

The liquid waste of the batik industry often causes environmental problems, because it contains pollutants such as Biochemical Oxygen Demand/BOD. Adsorption using activated carbon is one of the ways to reduce BOD in batik waste processing. Bioadsorbent mixture of corn husk and cob contains high cellulose, namely as much as 36.81% and 41% which have the potential to become activated carbon. This study aims to analyze the bio-adsorbent mixture of corn husks and cobs in reducing BOD levels of batik waste. This type of research is pre-experimental, with Design One Group Pretest Posttest. The variation of the mass of bioadsorbent mixture of corn husk and cob with a comparison of (50:50), (30:70) and (40:60) contact time for 2.5 hours in 500ml of batik waste. BOD levels were measured after bioadsorbent and data analysis using ANOVA. The highest percentage decrease in BOD levels was at 25gr:38gr (40:60) mass variation of 81.79% (9243mg/L). BOD levels before the mixture of skin and corn cob bioadsorbent were 11300mg/L and after treatment it was 2057mg/L. From the Anova test, it was found that there were different variations in the mass variation of the mixture of corn cob and husk in reducing the average BOD levels in batik waste. Suggestions for the batik industry in reducing BOD are to use a mixture of skin and corn cobs bio-adsorbent.

Keywords: Batik waste; BOD; mixed bioadsorbent; skin and corncob

PENDAHULUAN

Industri batik di Indonesia berkembang dengan sangat cepat bersamaan dengan meningkatnya minat masyarakat terhadap batik, oleh karena itu batik tidak hanya di produksi skala kecil (rumah tangga) akan tetapi sampai dengan skala besar (industri). Industri batik pada tahun 2019 didominasi oleh industri menengah (IKM) ini terdapat 101 sentra industri yang tersebar di Indonesia, dengan 47 ribu unit dan lebih dari 200 ribu tenaga kerja. Semakin meningkatnya industri batik dapat menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari limbah cair pada proses pembuatan batik.¹ Sering limbah industri batik menyebabkan masalah lingkungan, hal disebabkan ada kandungan pencemar bahan organik dengan kadar yang tinggi. Jika industri tersebut membuang limbah cair secara langsung tanpa diolah dan langsung dialirkan pemukiman, maka mutu lingkungannya menjadi rendah.

Penelitian Rochma menyatakan bahwa kandungan pencemar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) di Kampung Batik Jetis Sidoarjo yaitu sebesar 1640.70 mg/L.² Berdasarkan Peraturan Gubernur yang berlaku di Jawa Timur limbah yang dihasilkan melewati baku mutu yaitu 60 mg/L.³ BOD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan dalam suatu perairan guna merombak bahan organik oleh mikroorganisme dengan volume dan suhu tertentu. BOD berkaitan dengan DO atau oksigen terlarut. Nilai BOD yang semakin tinggi di perairan maka semakin sedikit banyaknya oksigen terlarut dan nilai BOD semakin tinggi maka tingkat pencemarannya juga semakin tinggi.⁴ Metode untuk menurunkan kandungan BOD dalam pengolahan limbah batik yaitu dengan adsorpsi arang aktif.⁵

Adsorpsi adalah rangkaian proses atas reaksi-reaksi yang terjadi pada permukaan zat padat atau adsorben suatu pencemar atau adsorbat, dalam kondisi gas ataupun cair.⁶ Metode adsorpsi efisien digunakan, karena dibuat dengan bahan-bahan yang berasal dari limbah pertanian. Arang aktif yang biasa dipakai adalah batubara.⁷ Banyak bahan alami yang dipakai untuk membuat arang aktif berasal dari alam, antara lain kulit dan tongkol jagung. Kulit dan tongkol jagung adalah limbah pertanian dan

dapat dipakai sebagai alternatif adsorben dan karbon aktif.⁸ Tongkol jagung berpotensi sebagai bahan arang aktif dengan kandungan hemiselulosa sebanyak 36% dan selulosa sebanyak 41%.⁵ Kulit jagung mengandung 15.7% lignin, 27.01% hemiselulosa, 36.81% selulosa, dan 6.04% abu.

Arang aktif adalah karbon memiliki daya serap terhadap kation, anion, senyawa yang berbentuk anorganik dan organik, berupa gas ataupun larutan.⁹ Bahan – bahan yang memiliki pori dan mengandung banyak karbon dapat digunakan sebagai arang aktif.¹⁰ Proses adsorpsi lebih efektif setelah arang aktif diaktifasi menggunakan HCl agar dapat memperbesar pori-pori pada karbon.² Kelebihan penelitian ini terletak pada penggunaan bioadsorben yang digunakan yaitu campuran kulit dan tongkol jagung. Bioadsorben merupakan karbon aktif bahan alami yang mudah ditemui dan dibuat sendiri. Karbon aktif menjadi cukup ekonomis karena mudah diaktifkan dan dibersihkan kembali untuk dipakai secara berulang-ulang.

Menurut Rochma penurunan BOD pada limbah batik yang efisien yaitu pada massa karbon sebanyak 190 gr/1500 ml limbah cair batik dalam waktu kontak selama 2.5 jam dengan persentase penurunan sebesar 92.30 %.² Pada penelitian ini menggunakan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung dalam 500ml limbah batik dengan waktu kontak selama 2.5 jam dan variasi massa yang digunakan yaitu 19 g :44 gr (30:70), 25gr:38gr (40:60) dan 31.5gr:31,5 gr (50:50) dimana massa tongkol jagung yang digunakan lebih banyak dibandingkan dengan kulit jagung, hal ini di karenakan kandungan hemiselulosa pada tongkol jagung lebih tinggi dibandingkan dengan kulit jagung. Berdasarkan dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran industri batik peneliti ingin mengetahui kemampuan adsorpsi campuran kulit dan tongkol jagung dapat menurunkan BOD limbah batik. penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung dalam menurunkan BOD limbah batik.

METODE

Jenis penelitian Pra – experimental dengan *Design One Group Pretest Posttest*. Pembuatan arang aktif dan aktivasi bioadsorben tongkol dan kulit jagung serta perlakuan bioadsorben kulit dan tongkol jagung dengan limbah cair secara adsorpsi. Bahan dan alat untuk pembuatan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung adalah mortal alu, ayakan 80 mesh, *beaker glass*, corong, gelas ukur, pipet dan *push pum*, neraca analitik, cawan porselin, tanur, oven, tongkol dan kulit jagung, kertas saring, HCl, aquades, pH meter. Prosedur pembuatan karbon aktif dimulai dari tahap pengarangan kulit dan tongkol jagung dengan cara memasukkan tongkol dan kulit jagung selama 3 jam kedalam tanur dengan suhu 300°C sampai menjadi arang. Pada tahap aktivasi secara kimia merendam selama 24 jam karbon aktif dengan larutan HCl, kemudian dibersihkan dengan aquades hingga pH menjadi netral dengan cara dicek menggunakan pH meter. Setelah itu dikeringkan selama 3 jam dalam oven dengan suhu 105°C untuk menghilangkan air yang masih ada dalam arang. Kemudian dilakukan pemeriksaan I₂.

Prosedur pengolahan limbah cair batik dengan cara mencampurkan bioadsorben variasi 1 yaitu massa campuran kulit dan tongkol jagung 19gr:44gr (30:70) , variasi 2 yaitu massa 25gr:38gr (40:60) dan variasi 3 yaitu massa 31.5gr:31.5gr (50:50) dalam 500ml air limbah kemudian dikontakkan dengan waktu kontak 2,5 jam. Setelah dikontakkan dengan bioadsorben kulit dan tongkol jagung dilakukan uji kebutuhan biokimia dengan menggunakan metode *Winkler-Alkali iodida azida*. Berdasarkan pada perbedaan variasi massa yang digunakan pada saat pengontakan dengan limbah cair batik, maka analisis data menggunakan *One Way Anova*.

HASIL

Hasil Pembuatan Bioadsorben Campuran Kulit dan Tongkol Jagung

Bioadsorben yang digunakan sebagai karbon aktif alami terbuat bahan baku yaitu campuran kulit dan tongkol jagung dibuat dengan cara karbonisasi. Bioadsorben disaring menggunakan ayakan 80 mesh sehingga diperoleh ukuran yang seragam selanjutnya diaktivasi menggunakan bahan kimia HCl kemudian dilakukan aktivasi secara fisika dengan menggunakan pemanasan pada suhu 300°C. Bioadsorben campuran tongkol dan kulit jagung secara fisik memiliki warna hitam pekat, bertekstur halus dan kering.



Gambar 1. Tongkol dan Kulit Jagung¹⁾, Bioadsorben²⁾

Hasil Analisis Pengukuran BOD Sesudah dan sebelum Menggunakan Bioadsorben Campuran Kulit Dan Tongkol Jagung

Hasil kadar BOD sebelum bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung adalah sebesar 11300mg/L dan setelah menggunakan variasi massa 1, variasi 2 dan variasi 3 yaitu perbandingan kulit dan tongkol jagung 19g :44gr (30:70). 25gr:38gr (40:60) dan 31.5gr:31.5gr (50:50) memiliki nilai penurunan yang berbeda.

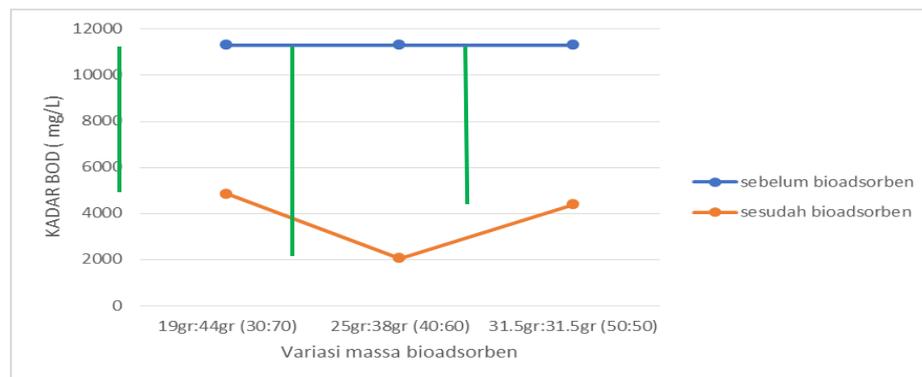
Tabel 1. Pengukuran Kadar BOD Menggunakan Bioadsorben Campuran Kulit Dan Tongkol Jagung

Replikasi	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3	
	Penurunan (mg/L)	Persentase (%)	Penurunan (mg/L)	Persentase (%)	Penurunan (mg/L)	Persentase (%)
1	5414	47.91	8026	71.02	6091	53.90
2	6142	54.35	9214	81.54	6095	53.94
3	6210	54.95	9032	79.93	7090	62.74
4	6315	55.88	9020	79.82	6105	54.03
5	7303	64.62	9135	80.84	7140	63.19

6	7422	65.68	9248	81.84	7615	67.39
7	6512	57.62	10125	89.60	8120	71.86
8	6330	56.01	10144	89.77	7136	63.15
Rata- Rata	6456	57.13	9243	81.79	6924	61.27

Berdasarkan Tabel diatas rerata penurunan kadar BOD variasi 1 sebesar 6456mg/L (57.13%). Penurunan kadar BOD tertinggi terjadi pada replikasi ke 6 dengan nilai penurunan sebesar 7422mg/L (65.68%). Penurunan kadar BOD terendah terjadi pada replikasi ke 1 dengan nilai penurunan sebesar 5414mg/L (47.91%). Rerata penurunan kadar BOD pada variasi 2 sebesar 9243mg/L (81.79%). Penurunan kadar BOD tertinggi terjadi pada replikasi ke dengan nilai penurunan sebesar 10144mg/L (89.77%) , sedangkan kadar BOD terendah terjadi pada replikasi ke 1 dengan nilai penurunan sebesar 8026mg/L (71.02%). Rerata penurunan kadar BOD pada variasi 3 sebesar 6924mg/L (61.27%). Penurunan tertinggi kadar BOD terjadi pada replikasi ke 7 dengan nilai penurunan 8120mg/L (71.86%), sedangkan penurunan terendah kadar BOD terjadi pada replikasi ke 4 dengan nilai penurunan sebesar 6105mg/L (54.03%).

Penentuan massa dalam menurunkan BOD yang efektif limbah batik menggunakan adsorpsi bioadsorben campuran yang berasal dari kulit dan tongkol jagung dapat dilihat dari besarnya persentase penurunan BOD yang efektif yaitu pada massa 19gr:38gr karena memiliki persentase tertinggi yaitu 81.79%.



Gambar 2 : BOD Sesudah dan Sebelum bioadsorben

Berdasarkan Gambar 2 bahwa BOD sesudah dan sebelum menggunakan media bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung dengan variasi massa perbandingan mendapatkan hasil yang berbeda. Kadar BOD pada tiap variasi massa mengalami penurunan dan peningkatan pada variasi massa 19gr:44gr mengalami penurunan yang selanjutnya grafik pada variasi massa 25gr:38gr mengalami penurunan yang cukup signifikan kemudian variasi massa 31.5gr:31.5gr mengalami peningkatan dari variasi massa sebelumnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada variasi 38gr:19gr mengalami penurunan yang signifikan diantara variasi massa yang lainnya.

PEMBAHASAN

Bioadsorben Campuran Kulit dan Tongkol Jagung

Penelitian ini memanfaatkan kulit dan tongkol jagung sebagai bioadsorben untuk menurunkan BOD limbah batik dengan variasi massa perbandingan campuran bioadsorben kulit dan tongkol jagung. Pemilihan kulit dan tongkol jagung sebagai karbon aktif karena mengandung banyak selulosa dan hemiselulosa sebagai bahan utama pembuatan karbon aktif. Kemampuan penyerapan karbon tergantung dari luas permukaan dan dapat ditingkatkan jika karbon diaktivasi.

Tahap dalam pembuatan bioadsorben dari bahan baku kulit dan tongkol jagung adalah tahap dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Pembuatan bioadsorben diawali dengan menjemur kulit dan tongkol jagung di bawah sinar matahari agar kandungan air dalam karbon aktif hilang. Proses karbonisasi yang dilakukan dengan cara membakar kulit dan tongkol jagung secara anaerob yakni pembakaran secara tertutup. Proses yang terakhir merupakan proses aktivasi untuk membuka zat - zat pengotor yang menutupi pori - pori arang pada tahap karbonisasi. Aktivasi yang dilakukan secara kimia dengan cara perendaman karbon menggunakan larutan HCl selama 24 jam. Penggunaan HCl sebagai aktivator kimia karena HCl mampu melarutkan zat pengotor lebih besar yang membuat pori-pori menjadi lebih terbentuk dan proses penyerapan zat pencemar menjadi lebih baik.¹¹

Menurut Alfiany Karbon aktif yang dicampur HCl mempunyai daya serap iodium lebih tinggi dan menghasilkan garam.¹² Pada proses karbonisasi fungsi Garam adalah *dehydrating agent* dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon. Luas permukaan karbon aktif adalah faktor utama yang mempengaruhi daya adsorpsi karena jumlah pori - pori pada karbon berkaitan dengan proses adsorpsi.¹³ Daya adsorpsi dapat dilihat dengan tingginya angka iodin yaitu angka yang memperlihatkan besarnya adsorben dalam menyerap iodin.¹⁴ Sebaiknya dilakukan pengukuran syarat mutu arang aktif secara lengkap sesuai dengan SII No. 0258-88. Penelitian lebih lanjut dapat melakukan pengukuran iodine pada masing-masing bioadsorben kulit dan tongkol jagung serta untuk mengetahui kemampuan daya serap pada masing - masing bahan bioadsorben dalam menurunkan BOD.

Analisis Penurunan Kadar BOD Sesudah dan Sebelum Menggunakan Bioadsorben Campuran Kulit dan Tongkol Jagung

Berdasarkan hasil yang didapatkan terjadi penurunan yang signifikan pada BOD limbah batik sesudah dan sebelum menggunakan media bioadsorben. Penurunan BOD limbah batik terjadi karena adanya penambahan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung. Penelitian ini menggunakan variasi massa perbandingan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung untuk menurunkan BOD limbah batik, hal tersebut menyebabkan hasil yang berbeda dengan penelitian Rochma yang menggunakan karbon aktif dari batu bara.² Penurunan kadar BOD menggunakan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung yaitu dengan melalui proses adsorpsi yang mana telah terjadi penyerapan molekul zat pencemar dalam limbah cair batik pada pori dalam bioadsorben sehingga menutupi pori-pori yang terdapat didalamnya, karena karbon aktif mempunyai pori yang lebih kecil dibandingkan zat pencemar yang ada pada limbah cair.

Adsorben karbon aktif berupa padatan berpori, dimana unsur-unsur karbon bebas saling berkaitan secara kovalen, yang mengakibatkan pori - pori karbon aktif semakin kecil dan semakin besar luas permukaan sehingga bertambahnya kecepatan pada adsorpsi dan semakin banyak zat pencemar yang terlarut dalam limbah cair yang melekat pada permukaan media karbon aktif. Limbah cair yang mengandung BOD tinggi apabila dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan proses pengolahan akan mengakibatkan dampak yang merugikan bagi lingkungan maupun makhluk hidup. Kehidupan organisme yang membutuhkan oksigen tidak didukung dengan Kadar BOD yang tinggi.

Bahan buangan dalam air limbah batik diikat dan ditarik oleh bioadsorben, sehingga oksigen yang diperlukan menurun, hal ini disebabkan bahan buangan akan diuraikan mikroorganisme, hal ini menyebabkan penurunan pada BOD. Semakin besar bioadsorben yang mengikat bahan buangan maka BOD semakin kecil pada limbah,⁵ sehingga massa bioadsorben semakin besar yang dipakai semakin tinggi penurunan kadar BOD pada limbah batik. pH pada limbah batik yaitu sebesar 4 dimana pH dalam kondisi asam. Kurang optimalnya pH pada limbah cair batik seharusnya dilakukan pengendalian pH karena dapat mempengaruhi proses adsorpsi pada penurunan kadar BOD. Kemampuan adsorpsi arang aktif yang terjadi pada pH asam juga berkurang, karena limbah yang diolah dalam keadaan asam membuat kepekatan oksigen terlarut kehidupan organisme yang membutuhkan oksigen. Oksigen digunakan pada oksidasi bahan - bahan organik limbah cair dalam jumlah yang banyak menunjukkan kepekatan BOD.¹⁵

KESIMPULAN DAN SARAN

Kadar BOD variasi 1 (30:70), variasi 2 (40:60) dan variasi 3 (50:50) memiliki prosentase penurunan BOD sebesar 57.13%, 81.79% dan 61.27%. Bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung efektif menurunkan BOD limbah batik yaitu pada variasi 2. Rerata nilai BOD limbah batik sebelum dan sesudah di tiap variasi massa bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung berbeda. Bagi industri pengrajin batik bisa dipakai sebagai alternatif pengolahan limbah cair untuk mengurangi BOD limbah batik dengan menggunakan bioadsorben campuran kulit dan tongkol jagung, sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan sekitar dari aktivitas industri batik rumah tangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti kepada ibu bapak dosen di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya yang sudah memberikan dukungan dan kesempatan baik peneliti untuk menyelesaikan artikel sampai terpublikasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Indrayani L. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Sebagai Salah Satu Percontohan Ipal Batik Di Yogyakarta. ECOTROPHIC J Ilmu Lingkung (Journal Environ Sci. 2018;12(2):173.

2. Rochma N, Titah HS. Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi secara Batch. *J Tek ITS*. 2017;6(2):2–7.
3. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Tentang Baku Mutu Air Limbah. 2013;
4. Furqonita D. Seri IPA Biologi SMP Kelas VII. Jakarta: Yudhistira. 2006;
5. Wirosuedarmo R, Haji ATS, Hidayati EA. Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Kontak Pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung Untuk Menurunkan BOD dan COD The Influence Of Concentration and Contact Time in Domestic Sewage Treatment Using Activated Carbon the Cob of Corn. *J Sumberd Alam dan Lingkung [Internet]*. 2016;3(2):31–8. Available from: <https://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/view/222>
6. Wakid RN, Prasetyo RH, Mulyaningtyas A. Pengaruh Konsentrasi KOH dan Suhu terhadap Adsorpsi Cu pada Limbah Cair Batik dengan Adsorben Bonggol Jagung. 2020;14–5.
7. Ghafarunnisa D, Rauf A, Rukmana BTS. Pemanfaatan Batubara Menjadi Karbon Aktif dengan Proses Karbonisasi dan Aktivasi Menggunakan Reagen Asam Fosfat (H₃PO₄) dan Ammonium Bikarbonat (NH₄HCO₃). *Proseding Semin Nas XII*. 2017;1(1):36–41.
8. Ismail SNAS, Rahman WA, Rahim NAA, Masdar ND, Kamal ML. Adsorption of malachite green dye from aqueous solution using corn cob. *AIP Conf Proc*. 2018;2031(November 2018).
9. Mantong JO, Argo BD, Susilo B, Korespondensi P. Making Active Charcoal From Corn Cob Waste As Adsorbent At Liquid Waste Tofu. *J Keteknikan Pertan Trop dan Biosist [Internet]*. 2018;6(2):100–6. Available from: <https://jkptb.ub.ac.id/>
10. Lempang M. Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Tek EBONI [Internet]*. 2014;11(2):65–80. Available from: <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/buleboni/article/view/5041/4463arang>
11. Nurhasni N, Hendrawati H, Saniyyah N. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *J Kim Val*. 2014;4(1).
12. Alfiany H, Bahri S, Nurakhirawati. Kajian penggunaan arang aktif tongkol jagung sebagai Adsorben logam Pb dengan beberapa aktivator asam. *J Nat Sci*. 2013;2(3):75–86.
13. Hartanto S, Ratnawati. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *J Sains Mater Indones*. 2010;12(1):12–6.
14. Laos EL. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *J Ilmu Pendidik Fis*. 2016;1(1):32–6.
15. Irmanto S. Optimasi Penurunan Nilai BOD,COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Tebu. *Molekul*. 2010;5(1):22–32.