

## EFISIENSI ADSORPSI ARANG TEMPURUNG KELAPA (*Cocos nucifera L*) DALAM MENURUNKAN KADAR BOD, COD, TSS DAN pH PADA LIMBAH CAIR DETERGEN RUMAH TANGGA

(diterima 31 Desember 2021, diperbaiki 9 Maret 2022, disetujui 6 April 2022)

Rusdianto<sup>1\*</sup>, Tauny Akbari<sup>2</sup>, Fitriyah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PT. Sari Husada Generasi Mahardika, Serang, Banten

<sup>2,3</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya

Jl. Ciwaru II No. 73 Kota Serang

Email korespondensi\*: [Rusdianto261092@gmail.com](mailto:Rusdianto261092@gmail.com)

**Abstract.** Detergent waste that is disposed of without prior processing can contaminate the waters so that it interferes with the life of aquatic biota and humans around the waters. Detergent waste treatment needs to be done to minimize this impact, one of which is the adsorption method using coconut shell charcoal. The purpose of this study was to measure the efficiency of reducing the levels of COD, BOD, TSS and pH of detergent wastewater using the adsorption method by coconut shell charcoal. This study used a completely randomized design (CRD) with 1 independent variable factor (charcoal thickness) consisting of 4 levels of treatment, namely control (without charcoal), treatment 1 (100cm thick charcoal), treatment 2 (110cm thick charcoal), treatment 3 (120cm thick charcoal), each treatment was repeated three times. The test parameters (bound variable) in this study were COD, BOD, pH, and TSS. The results showed that the A120 treatment had the best reduction efficiency in reducing COD, BOD, TSS and pH levels to 197 mg/L (75%), 101 mg/L (86%), 35 mg/L (69%) and 7 mg/L. However, this grade value does not meet the quality standards of Permen LHK 68/2016. Based on U Mann Whitney's statistical analysis, it is known that there is no significant difference in the thickness variation of coconut shell charcoal on decreasing levels of COD, BOD, TSS and pH.

**Keywords:** Liquid waste detergent; Adsorption; Coconut shell charcoal.

**Abstrak:** Limbah detergen yang dibuang tanpa pengolahan terlebih dulu dapat mencemari perairan sehingga mengganggu kehidupan biota perairan dan manusia di sekitar perairan. Pengolahan limbah detergen perlu dilakukan untuk meminimalisir dampak tersebut, salah satunya dengan metode adsorpsi menggunakan arang tempurung kelapa. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur efisiensi penurunan kadar COD, BOD, TSS dan pH limbah cair detergen menggunakan metode adsorpsi oleh arang tempurung kelapa. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 1 faktor variabel bebas (ketebalan arang) yang terdiri dari 4 level perlakuan, yaitu kontrol (tanpa arang), perlakuan 1 (arang tebal 100cm), perlakuan 2 (arang tebal 110cm), perlakuan 3 (arang tebal 120cm), setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Parameter uji (variabel terikat) penelitian ini adalah COD, BOD, pH, dan TSS. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan A<sub>120</sub> memiliki efisiensi penurunan paling baik dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS dan pH yaitu menjadi 197 mg/L (75%), 101 mg/L (86%), 35 mg/L (69%) dan 7. Namun, nilai kadar tersebut belum memenuhi standar baku mutu Permen LHK 68/2016. Berdasarkan analisis statistik *U Mann Whitney* diketahui tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari variasi ketebalan arang tempurung kelapa terhadap penurunan kadar COD, BOD, TSS dan pH.

**Kata Kunci:** Limbah cair detergen; Adsorpsi; Arang tempurung kelapa.

© hak cipta dilindungi undang-undang

## PENDAHULUAN

Limbah detergen yang dibuang langsung ke tanah dapat mengganggu struktur tanah sebagai media penerima air limbah. Hal ini menyebabkan tanah menjadi tercemar karena tidak mampu lagi menetralsir bahan-bahan polutan. Limbah cair mengandung detergen yang dibuang ke lingkungan akan mengganggu karena dapat menaikkan pH air sehingga mengganggu organisme dalam air, bahan antiseptik yang ditambahkan ke dalam detergen dapat mengganggu kehidupan mikroorganisme dalam air, bahkan sampai mematikan (Lusiana, 2011).

Salah satu metode untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan terserapnya suatu zat molekul atau ion pada permukaan adsorben. Proses adsorpsi dapat dilakukan menggunakan karbon aktif karena karbon aktif adalah material berpori yang mempunyai kemampuan untuk menyerap pengotor yang terdapat dalam air yaitu sebagai filter air (Nustini dan Allwar, 2019).

Pengolahan menggunakan karbon aktif memiliki efisiensi yang sangat baik serta biaya yang dikeluarkan cukup rendah, kemudian karbon aktif bisa dibuat dari bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, maupun mineral yang mengandung karbon, antara lain sekam, sabut kelapa, tongkol jagung, kayu lunak, tulang, tempurung kelapa, kayu keras, batu bara, serbuk gergaji, ampas penggilingan tebu, dan ampas pembuatan kertas (Maulidiyah *et al.*, 2021).

Tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan arang batok kelapa dan karbon aktif karena mengandung karbon, sehingga dapat dijadikan arang aktif untuk mengatasi permasalahan limbah cair domestik. Perkembangan dan inovasi dalam pemanfaatan tempurung kelapa menjadi karbon aktif sangat maju, dikarenakan material ini memiliki keunggulan berupa efisien, murah dan mudah didapat (Nustini dan Allwar, 2019).

Menurut Faisal *et al.* (2019) adsorpsi karbon aktif untuk menyerap kadmium memiliki efisiensi yang relatif tinggi dengan nilai lebih dari 97%. Hasil ini menunjukkan arang aktif dalam mengolah zat kontaminan lebih optimal. Berdasarkan hal tersebut, upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efektifitas suatu arang aktif seperti arang aktif dari tempurung kelapa dapat dilakukan dengan menjadikan arang aktif tersebut sebagai media menjernihan limbah cair detergen.

Menurut Amirsan (2015) dalam penelitiannya presentase penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) tertinggi mencapai 94,47% dan untuk TSS sebesar 94,87%. Nilai ini menunjukkan bahwa dosis arang aktif yang efektif adalah 1.250 gram, sehingga dapat menurunkan kadar COD dan *Total Suspended Solid* (TSS) di bawah nilai baku mutu. Berdasarkan penelitian Lubis dan Atsary (2015) bahwa detergen dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, sehingga sebelum limbah detergen dibuang ke lingkungan maka dibutuhkan pengolahan terlebih dahulu.

Metode pengolahan melalui metode adsorpsi dapat dilakukan menggunakan arang aktif tempurung kelapa berpotensi dan sangat efisien dalam menyerap kadar yang terdapat di limbah cair detergen rumah tangga. Berdasarkan pengamatan selain surfaktan kandungan utama detergen, adanya faktor lain kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD), COD, TSS dan pH telah ditemukan kondisi sekitar bahwa limbah detergen langsung dibuang ke badan air yang didapati kotor berwarna kuning kecoklatan.

Penggunaan arang kelapa dalam menurunkan toksisitas air limbah di perairan masih harus terus dikembangkan, untuk mencari sistem pengolahan air limbah yang aman bagi lingkungan dan mudah di dapat dari lingkungan sekitar kita. arang tempurung kelapa memiliki berbagai manfaat, salah satunya sebagai penjernih air. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui “Efisiensi Adsorpsi Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L*) dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, TSS dan pH Pada Limbah Cair Detergen Rumah Tangga”.

## **METODE**

Penelitian ini termasuk penelitian analisa kuantitatif berupa eksperimen untuk menguji efisiensi adsorpsi arang tempurung kelapa untuk menurunkan kadar COD, BOD, TSS, dan pH pada limbah cair domestik detergen. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 1 faktor variabel bebas (ketebalan arang) yang terdiri dari 4 level perlakuan, yaitu kontrol (tanpa arang), perlakuan 1 (arang tebal 100cm), perlakuan 2 (arang tebal 110cm), perlakuan 3 (arang tebal 120cm) (Bujawati, et.al., 2017), setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Parameter uji (variabel terikat) penelitian ini adalah COD, BOD, pH, dan TSS. Limbah cair yang digunakan berupa limbah cair bekas pencucian pakaian sebanyak 1,5 L dan waktu kontak adsorpsi selama 60 menit.

Penelitian dilakukan di Kampung Karang Jetak RT 002/RW 002 Desa Cikoneng Kelurahan Anyer Kab. Serang, dan pengujian di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten.

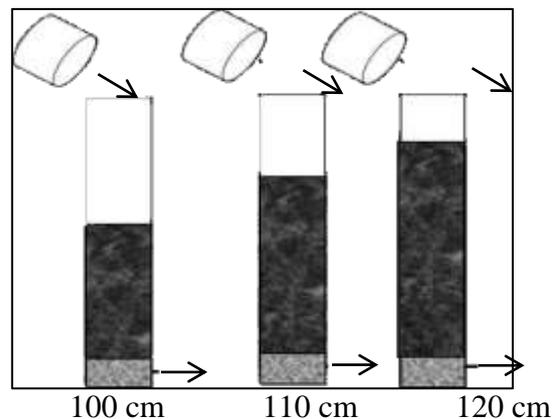
### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 botol air mineral 15 L, baskom, 3 botol air mineral 1,5 L, timbangan, pisau, meteran, gergaji potong. Bahan yang digunakan adalah arang tempurung kelapa, sabut kelapa, tisu, pipa PVC tiga batang panjang 2 meter, diameter 2,5 inchi dan limbah cair domestik (*detergent*).

### Prosedur Kerja

#### 1. Tahap Persiapan

- Sediakan seluruh alat dan bahan.
- Potong pipa pvc 2,5 inc dengan ukuran 1,5 meter 3 batang.
- Menyiapkan sampel limbah cair domestik (*detergent*) hasil cuci pakaian.
- Membersihkan sabut kelapa dengan air.
- Membersihkan arang tempurung kelapa.



Gambar 1. Set Alat dan Bahan Penelitian

Keterangan:

-  = Arang Tempurung Kelapa
-  = Sabut Kelapa
- = Arah Aliran Air

#### 2. Tahap Pelaksanaan

- Masukkan sabut kelapa ke dalam pipa pvc 2,5 inch.
- Masukan arang tempurung kelapa ke dalam pipa PVC.  
wadah A = Limbah deterjen tanpa arang  
wadah B = Tebal 100 cm arang tempurung kelapa  
wadah C = Tebal 110 cm arang tempurung kelapa

wadah D = Tebal 120 cm arang tempurung kelapa (Bujawati et al., 2014)

- c. Alirkan limbah cair detergen sebanyak 1,5 L ke dalam masing-masing wadah.
- d. Pengukuran kandungan BOD, COD, TSS dan pH dilakukan setelah batas waktu optimum selama 60 menit.

### 3. Tahap akhir

Melakukan perhitungan rata-rata terhadap kandungan BOD, COD, TSS dan pH limbah cair deterjen kemudian mengolah dan menganalisis data. Efisiensi penurunan kadar limbah dihitung menggunakan rumus:

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

Keterangan:

- E : Nilai efisiensi penurunan kadar limbah (%)
- C1 : Nilai kadar limbah kontrol (tanpa arang tempurung kelapa)
- C2 : Nilai kadar limbah perlakuan (dengan arang tempurung kelapa)

Uji statistika menggunakan *U Mann Whitney* (non parametrik). Nilai kadar limbah perlakuan akan dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
pH	-	6-9

(PERMENLHK No.68 Tahun 2016)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Kadar Limbah Cair Detergen

Hasil pengujian laboratorium kadar limbah cair detergen pada penelitian ini dimuat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar limbah cair detergen

Perlakuan	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	pH
<b>Baku mutu</b>	100	30	30	6-9
<b>Kontrol</b>	772,48	704,7	110	6,88
<b>A<sub>100</sub></b>	472	235	44	6
<b>A<sub>110</sub></b>	493	403	51	8
<b>A<sub>120</sub></b>	197	101	35	7

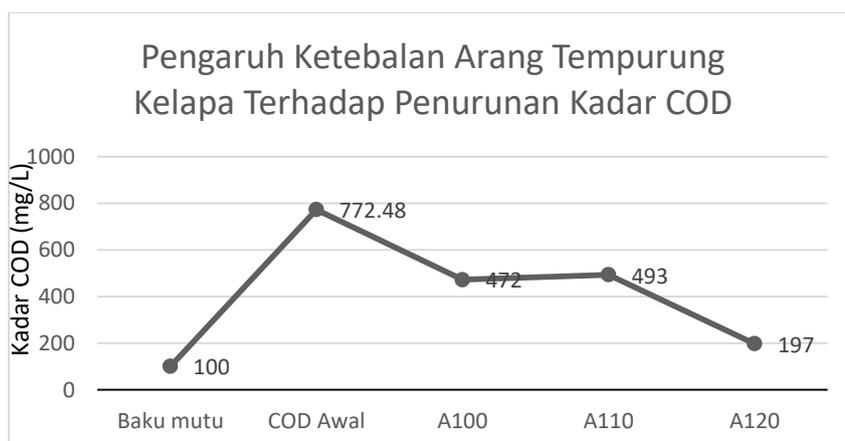
(Hasil Analisis, 2021)

Data pengujian menunjukkan bahwa kadar limbah cair detergen kontrol (tanpa arang) masih di atas baku mutu berdasarkan Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sehingga perlu adanya pengolahan untuk menurunkan nilai pH, TSS, BOD dan COD. Salah satunya melalui proses adsorpsi filtrasi menggunakan tempurung kelapa.

Yuliana, et., al (2020) telah melakukan penelitian di 3 titik sampel usaha *laundry* di Kabupaten Manokwari. Hasil penelitian tersebut menunjukkan kadar TSS, nilai COD, nilai BOD untuk semua sampel air limbah *laundry* telah melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan. Namun, berdasarkan hasil analisis sampel air sumur yang berada dekat dengan lokasi *laundry*, diketahui tidak terdapat pengaruh air limbah terhadap penurunan kualitas air sumur.

### Efisiensi Penurunan Kadar COD

Gambar 2 menunjukkan kadar COD limbah cair detergen kontrol dan perlakuan masih melewati baku mutu. Akan tetapi, proses adsorpsi filtrasi dengan ketebalan  $A_{100}$ ,  $A_{110}$  dan  $A_{120}$  masing-masing menurunkan COD menjadi rata-rata 472 mg/L (39%), 493 mg/L (37%) dan 197 mg/L (75%). Hal ini menunjukkan bahwa  $A_{120}$  lebih baik penurunannya dibandingkan  $A_{100}$  dan  $A_{110}$ . Semakin besar ketebalan arang tempurung kelapa maka efisiensi penurunan kadar COD juga semakin besar. Hal tersebut dipengaruhi oleh media filter karena semakin tebal media penyaringan semakin baik hasil penyaringannya dan semakin baik komposisi susunan media penyaringan maka akan semakin baik pula hasil penyaringannya ( Dewi dan Buchori, 2016)

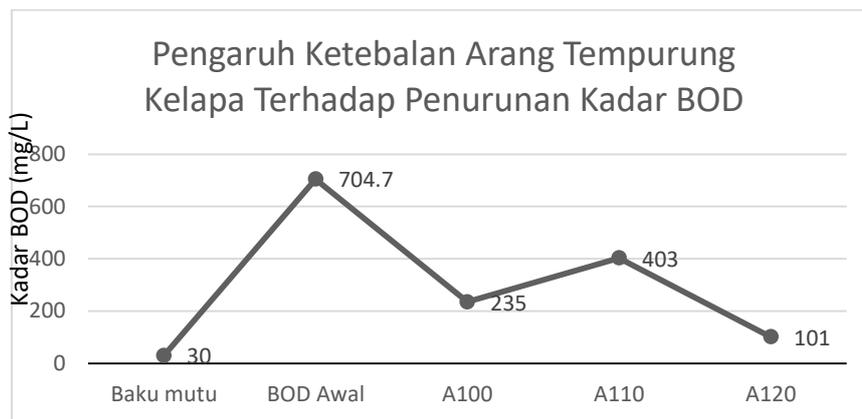


Gambar 2. Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Penurunan Kadar COD (Hasil Analisis, 2021)

Kadar COD terbaik pada penelitian ini (197 mg/L) masih belum memenuhi kadar maksimal baku mutu PERMENLHK 68/2016 (100 mg/l). Namun, arang tempurung kelapa memiliki efisiensi penurunan COD lebih besar (75%) dibanding arang aktif ampas teh (67,81%) pada waktu kontak 35 menit. Efisiensi penurunan terkecil pada waktu kontak 5 menit yaitu 29,3%. Semakin lama waktu kontak maka semakin besar efisiensi penurunan nilai COD pada limbah cair *laundry* (Kusumawati, 2019).

### Efisiensi Penurunan Kadar BOD

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa A<sub>120</sub> lebih baik dari pada A<sub>110</sub>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh ketebalan arang tempurung kelapa terhadap penurunan kadar BOD. Kadar BOD turun menjadi 235 mg/L pada ketebalan 100 cm, 403 mg/L pada ketebalan 110 cm dan 101 mg/L pada ketebalan 120 cm. Efisien penurunan kadar BOD terbaik sebesar 86% pada A<sub>120</sub>. Kadar BOD pada penelitian ini masih belum memenuhi kadar maksimal yang ditetapkan oleh PERMENLHK 68/2016.



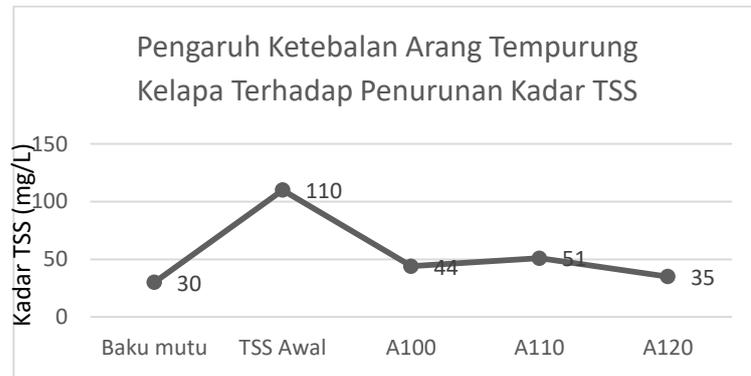
Gambar 3. Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Penurunan Kadar BOD (Hasil Analisis, 2021)

Efisiensi penurunan kadar BOD menggunakan arang tempurung kelapa lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan arang aktif ampas teh yaitu 74,28% (Kusumawati, 2019). Penelitian yang dilakukan Adiastruti, dkk., (2018) dengan menggunakan arang aktif dapat menurunkan kadar BOD awal pada limbah *laundry* sebesar 182 mg/L menjadi 85,3 mg/L.

### Efisiensi Penurunan Kadar TSS

Gambar 4 menunjukkan kandungan kadar TSS pada sampel limbah cair detergen mengalami penurunan setelah diolah melalui proses adsorpsi menggunakan arang

tempurung kelapa. A<sub>100</sub> sudah mampu menurunkan kadar TSS, dari kandungan awal sebelum perlakuan sebesar 110 mg/L menjadi 44 mg/L (efisiensi penurunan 60%). Penurunan TSS paling baik pada ketebalan 120 cm yaitu menjadi 35 mg/L (efisiensi penurunan 65%), namun belum dapat memenuhi baku mutu air limbah yang sudah ditentukan.

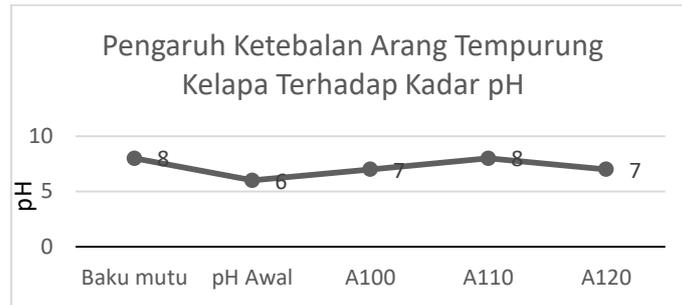


Gambar 4. Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Penurunan Kadar TSS (Hasil Analisis, 2021)

Hasil penelitian Jasman dan Kabuhung (2020) mengenai pemanfaatan media batu kapur dan tempurung kelapa untuk menurunkan kadar TSS dalam limbah *laundry* menunjukkan bahwa kadar TSS dalam air limbah *laundry* sebelum pengolahan rata-rata 38,1 mg/l dan sesudah pengolahan menjadi rata-rata 4,5 mg/l dengan penurunan rata-rata 80,56%. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah *laundry* dengan memanfaatkan media batu kapur dan tempurung kelapa lebih baik dibandingkan menggunakan arang tempurung kelapa. Kandungan TSS memiliki hubungan dengan tingkat kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi tersebut akan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk keperairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan akan menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik.

#### Efisiensi Penurunan Kadar pH

Baku mutu nilai pH pada limbah domestik adalah 6-9 atau bersifat netral (PERMENLHK 68/2016). Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa ketebalan arang tempurung kelapa berpengaruh terhadap penurunan pada nilai pH.



Gambar 5. Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kadar pH (Hasil Analisis, 2021)

Pengujian kandungan pH sebelum perlakuan adalah 6,88. Perlakuan melalui proses filtrasi dengan arang tempurung kelapa pada ketebalan 100 cm, 110 cm, 120 cm mampu mempertahankan pH pada kisaran 6-8.

### Perbandingan Efisiensi Penurunan Limbah Cair Detergen

Tabel 3 memuat data perbandingan efisiensi setiap parameter pada tiga perlakuan. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa perlakuan A<sub>120</sub> memiliki kemampuan paling baik dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS dan pH yaitu menjadi 197 mg/L (75%), 101 mg/L (86%), 35 mg/L (69%) dan 7. Namun, nilai kadar tersebut belum memenuhi standar baku mutu. Berdasarkan analisis statistik *U Mann Whitney* diketahui tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari variasi ketebalan arang tempurung kelapa terhadap penurunan kadar COD, BOD, TSS dan pH.

Tabel 3. Perbandingan Efisiensi Penurunan Limbah Cair Detergen

Kode	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	pH
A <sub>100</sub>	472	235	44	6
<b>Ketebalan 100cm</b>	39%	67%	60%	
A <sub>110</sub>	493	403	51	8
<b>Ketebalan 110cm</b>	37%	43%	54%	
A <sub>120</sub>	197	101	35	7
<b>Ketebalan 120cm</b>	75%	86%	69%	

(Sumber : Hasil Analisis, 2021)

Keterangan: Warna biru terbaik pada parameter pH sudah memenuhi standar baku mutu, kemudian pada parameter BOD, COD, TSS masih belum memenuhi baku mutu. Standar Baku mutu PERMENLHK No. 68 Tahun 2016 tentang air limbah domestik (COD= 100 mg/L, BOD = 30, mg/L TSS= 30, pH = 6-9 mg/L).

Salah satu faktor yang dapat menyebabkan belum sesuai dengan baku mutu adalah arang tempurung kelapa yang digunakan belum diolah menjadi arang aktif, sehingga kemampuannya dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS dan pH menjadi belum optimal. Hal ini dikarenakan luas permukaan arang tempurung kelapa lebih kecil

dibandingkan arang aktif tempurung kelapa sehingga proses adsorpsi pun menjadi kurang optimal (Kusumawati, 2019).

Arang aktif tempurung kelapa memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar COD, TSS dan warna rata-rata hingga 70% (Kaman, et.al., 2017). Kitosan yang dilapisi dengan arang aktif tempurung kelapa juga mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi COD dan BOD pada limbah (Lasindrang, et.al., 2015). Akan tetapi, penambahan jumlah adsorben arang aktif berlebih dapat menyebabkan penggumpalan adsorben sehingga permukaan adsorben tidak seluruhnya terbuka dan menyebabkan berkurangnya luas permukaan aktif dari adsorben sehingga adsorben kurang efektif dalam kemampuan menurunkan kadar COD dan TSS limbah cair (Sari et al., 2014).

## **KESIMPULAN**

Perlakuan A<sub>120</sub> memiliki efisiensi penurunan paling baik dalam menurunkan kadar COD, BOD, TSS dan pH yaitu menjadi 197 mg/L (75%), 101 mg/L (86%), 35 mg/L (69%) dan 7. Namun, nilai kadar tersebut belum memenuhi standar baku mutu Permen LHK 68/2016. Berdasarkan analisis statistik *U Mann Whitney* diketahui tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari variasi ketebalan arang tempurung kelapa terhadap penurunan kadar COD, BOD, TSS dan pH.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Adiastuti, F. E., & Afany, M. R. (2020). Kajian Pengolahan Air Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi Karbon Aktif Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Azolla. *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*, 15(1), 38-46.
- Amirsan, B. (2015). Efektifitas Abu Sekam Padi Dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar BOD Dan COD Pada Limbah Cair Industri Tahu Super Afifah Kota Palu. *Healthy Tadulako Journal*. 1(2), 23–32.
- Bujawati, E., Rusmin, M., & Basri, S. (2014). Pengaruh Ketebalan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Tingkat Kesadahan Air di Wilayah Kerja Puskesmas Sudu Kabupaten Enrekang Tahun 2013. *Jurnal Kesehatan*, 7(1).
- Dewi, Y. S., & Buchori, Y. (2016). Penurunan COD, TSS Pada Penyaringan Air Limbah Tahu Menggunakan Media Kombinasi Pasir Kuarsa, Karbon Aktif, Sekam Padi Dan Zeolit. *Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia*, 9(1), 74-80.
- Faisal, M., Gani, A., & Muslim, A. (2019). Cadmium Adsorption Onto NaOH Activated

- Palm Kernel Shell Charcoal. *International Journal of Geomate*, 17(64), 252–260.
- Jasman, J., & Kabuhung, A. (2020). Pemanfaatan Batu Kapur Dan Tempurung Kelapa Dalam Pengolahan Limbah Detergen. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1).
- Kaman, S. P. D., Tan, I. A. W., & Lim, L. L. P. (2017). Palm oil mill effluent treatment using coconut shell-based activated carbon: Adsorption equilibrium and isotherm. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 87, p. 03009). EDP Sciences.
- Kusumawati, I. (2019). *Hubungan Waktu Kontak Arang Aktif Limbah Ampas Teh Terhadap Penurunan Kadar Deterjen, Bod, Cod Dalam Limbah Cair Deterjen* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Lasindrang, M., Suwarno, H., Tandjung, S. D., & Kamiso, H. N. (2015). Adsorption pollution leather tanning industry wastewater by chitosan coated coconut shell active charcoal. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 241-247.
- Lubis, R., & Atsary, T. (2015). Proses Adsorpsi Senyawa Linier Alkilbenzene Sulfonat (Las) Melalui Arang Aktif Kulit Ubi Kayu. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 1(2), 57-70.
- Lusiana, U. (2011). Wastewater Treatment Efficiency Using Up flow Anaerobic Filter and Activated Sludge Acclimatization. *Biopropal Industri*, 2(1).
- Maulidiyah, T., Rahmayanti, A., & Hamidah, L. N. (2021). Efektifitas Biosorben Arang Biji Salak ( Salacca Zalacca ) Dalam Mengurangi Pewarna Remazol Brilliant Blue Dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal*, 4(1), 80–88.
- Nustini, Y., & Allwar, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Menjadi Arang Tempurung Kelapa dan Granular Karbon Aktif Guna Meningkatkan Kesejahteraan Desa Watuduwur, Bruno, Kabupaten Purworejo. *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol. 4 (3), 217–226.
- Sari, K., Fikri, E., & Yulianto, B. (2019). Perbedaan Variasi Ketebalan Media Adsorben Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fenol Pada Limbah Cair. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(1), 202-206.
- Yuliana, Y., Langsa, M. H., & Sirampun, A. D. (2020). Air Limbah Laundry: Karakteristik Dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Air. *Jurnal Natural*, 16(1), 25-33.