

## Uji Efektivitas Karbon Aktif dan Abu Sekam Padi dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Laundry

### *Effectiveness Test of Activated Carbon and Rice Husk Ash on Reducing BOD and COD Levels in Laundry Liquid Waste*

Revita Mulfi Mefiana\* dan Agung Sugiharto  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

\*E-mail: [d5007001@student.ums.id](mailto:d5007001@student.ums.id)

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v4i2.87>

Received: 3 Nov 2021, Revised: 30 Nov 2021, Accepted: 30 Nov 2021, Online: 30 Nov 2021

#### Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh sekam padi dan karbon aktif dalam penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan metode absorpsi. Prosedur yang dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembuatan adsorben dengan dilakukan pemurnian abu silika sekam padi, pembuatan karbon aktif. Analisis dilakukan dengan menghitung kadar BOD dan COD sebelum perlakuan. Sehingga, diperoleh hasil sebagai berikut sebelum diberlakukan perlakuan kadar COD kedua sampel sebesar 4045 mg/L dan mengalami penurunan berturut-turut baik pengujian pertama maupun pengujian kedua, yakni 717 mg/L dan 689 mg/L (sekam padi) serta 827 mg/L dan 795 mg/L (karbon aktif). Pada BOD, sebelum perlakuan di kedua sampel didapatkan kadar BOD sebesar 1598 mg/L dan mengalami penurunan berturut-turut untuk pengujian pertama maupun kedua, yaitu 212 mg/L dan 193 mg/L (sekam padi) serta 485 mg/L dan 411 mg/L (karbon aktif). Efektivitas sekam padi dan karbon aktif memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar COD dan BOD pada limbah cair laundry dengan nilai peluang kurang dari 0,05.

**Kata kunci:** BOD, COD, limbah cair laundry

#### Abstract

*This research was conducted to determine the effect of rice husk and activated carbon in decreasing Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) by absorption method. The procedure is carried out through several stages, namely the manufacture of adsorbents by purification of rice husk silica ash, manufacture of activated carbon. The analysis was carried out by calculating the levels of BOD and COD before treatment. Thus, the following results were obtained before the COD treatment was applied to both samples of 4045 mg/L and decreased successively in both the first and second tests, namely 717 mg/L and 689 mg/L (rice husk) and 827 mg/L and 795 mg/L (activated carbon). In BOD, before treatment in both samples, BOD levels were 1598 mg/L and decreased for the first and second tests, namely 212 mg/L and 193 mg/L (rice husk) and 485 mg/L and 411 mg/L (activated carbon). The effectiveness of rice husk and activated carbon significantly decreases COD and BOD levels in laundry wastewater with a probability value of less than 0.05.*

**Keywords:** BOD, COD, Laundry Liquid Waste

#### 1 Pendahuluan

Industri laundry kini berkembang sangat pesat, terutama wilayah yang terdapat perguruan tinggi dan kota-kota besar lainnya. Perkembangan

industri laundry perlu mendapatkan perhatian karena air limbah yang mengandung detergen langsung dibuang ke selokan dan badan sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Kirk dan Othmer

menyebutkan bahwa secara umum penyusun detergen terdiri dari surfaktan (20-30%), *builders* (70-80%), dan bahan aditif (2-8%) [1]. Lingkungan yang terkena dari limbah *laundry* dapat berdampak pada kehidupan makhluk hidup. Dampak yang didapatkan pada lingkungan, terutama pada air akan mendapatkan kekeruhan, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan lain sebagainya [2].

BOD merupakan ukuran jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik [3]. Sedangkan Alerts menjelaskan COD merupakan jumlah oksigen yang terlarut yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi berbagai zat organik [4]. Kadar COD tinggi dapat mengurangi efektivitas badan air dalam menyeimbangkan ekosistem [5]. Terdapat berbagai metode untuk mengolah limbah cair *laundry*, salah satunya menggunakan karbon aktif. Hartanto menjelaskan bahwa karbon aktif merupakan bahan karbon amorf yang memiliki komponen plat datar atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal dengan satu atom C pada tiap sudutnya [6].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar COD limbah cair *laundry* menggunakan berbagai variasi karbon aktif tempurung kelapa [7]. Selain itu, penelitian lainnya juga menunjukkan penggunaan campuran adsorben alam sebagai media filtrasi terbukti secara signifikan berpengaruh dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada sampel limbah *laundry* [8]. Penelitian mengenai penurunan COD pada limbah cair *laundry* dengan arang aktif berbahan eceng gondok menunjukkan hasil yang sama baiknya dengan kualitas adsorben komersial [2]. Namun, penelitian yang lain juga menunjukkan tidak memenuhi baku mutu limbah cair bagi usaha dan/atau kegiatan *laundry* pada kadar COD dan BOD menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) [9]. Sehingga, adanya penelitian ini akan mengetahui pengaruh dari sekam padi dan arang aktif sebagai adsorben dalam penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair *laundry* menggunakan metode absorpsi.

## 2 Metode Penelitian

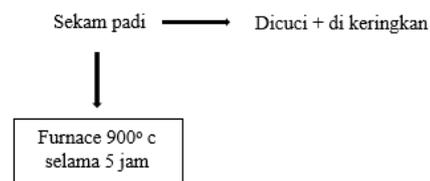
### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya air limbah *laundry* 3 liter, Alkali Iodida Azida (NaOH-KI) 10 ml, Fero Amonium Sulfat (FAS) 250 ml, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 ml, HCl 250 ml,

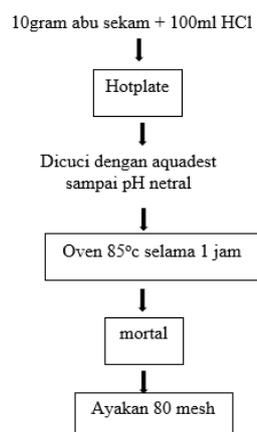
HgSO<sub>4</sub> 25 ml, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 25 ml, MNSO<sub>4</sub> 10 ml, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 250 ml, dan sekam padi 500 gram. Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya ayakan ukuran 80 *mesh*, botol Winkler 250 ml, buret 50 ml, cawan, corong kaca, desikator, Erlenmeyer 250 ml, *furnace*, gelas beker 500 ml, jerigen, kaca arloji, karet hisap, mortar, neraca analitik, oven, pengaduk kaca, pipet tetes, pipet ukur, dan statif.

### 2.2 Prosedur Kerja

Pada pembuatan abu sekam padi, dicuci bersih terlebih dahulu untuk mengurangi kotoran yang melekat pada sekam padi kemudian dikeringkan. Sekam padi yang telah kering kemudian diabukan di dalam *furnace* selama 5 jam pada suhu 900°C. Pada proses pemurnian abu silika, 10 gram abu sekam padi dicuci dengan menggunakan 100 mL HCl dan dipanaskan dengan *hot plate* selama 2 jam. Hasil destruksi kemudian dicuci dengan aquades hingga mencapai pH netral kembali, kemudian dipanaskan pada oven dengan suhu 85°C selama 1 jam. Setelah itu, didinginkan dan dihaluskan dengan mortar lalu kemudian diayak menggunakan ayakan 80 *mesh*. Adapun prosesnya dapat dilihat melalui diagram alur berikut ini:

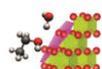


**Gambar 1.** Proses pembuatan abu sekam padi

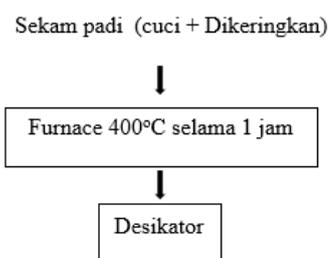


**Gambar 2.** Proses pemurnian abu silika sekam padi

Pembuatan karbon aktif dimulai dari pencucian sekam padi dicuci hingga bersih untuk



memisahkan abu dari pasir, kerikil dan kotoran lainnya. Selanjutnya sekam padi dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 400°C selama 1 jam atau sampai terbentuk karbon dengan ditandai tidak adanya asap. Setelah terbentuk karbon, sekam padi di masukan ke dalam desikator untuk menjaga agar tetap kering. Adapun prosesnya dapat dilihat melalui diagram alur berikut ini:



**Gambar 3.** Proses pembuatan karbon aktif

Pada proses analisis kadar BOD, pertama-tama sampel dimasukkan ke dalam botol winkler, kemudian ditambahkan 2 ml MNSO<sub>4</sub> dan 2ml larutan alkali iodide azida dengan menggunakan pipet ukur. Botol ditutup rapat supaya tidak terjadi kontaminasi udara dari luar, kemudian botol dikocok hingga homogen. Kemudian diamkan selama 10 sampai mengendap. Sampel yang telah mengalami pengendapan, ditambahkan 2 ml larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan dikocok kembali hingga endapannya terlarut. Sampel tersebut diambil sebanyak 100ml dan dimasukkan ke dalam

Erlenmeyer lalu dititrasi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,025N sampai terjadi perubahan warna menjadi kuning muda, lalu dicatat hasil titrasinya. Selain itu, sampel lain ditambahkan larutan amilum 0,5% sebanyak 1ml sampai larutan berwarna biru tua dan setelah itu dititrasi kembali dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,025N hingga berubah warna.

Untuk proses analisis kadar COD, diberikan aquades sebanyak 5ml dan sampel sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml. Kemudian, menambahkan larutan K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-HgSO<sub>4</sub> sebanyak 2,5 ml pada sampel serta larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 5 ml lalu dikocok hingga homogen dan ditutup dan dipanaskan dengan oven pada suhu 150°C selama 2 jam. Setelah dipanaskan, kemudian didinginkan dan dibilas bagian tutupnya dengan aquades. Tambahkan 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan 3 tetes indikator ferroin pada sampel tersebut. Kemudian dilakukan titrasi dengan larutan standar FAS (ferro amonium sulfat) 0,025 N hingga berwarna merah kecoklatan.

### 3 Hasil dan Diskusi

#### 3.1. Analisis BOD dan COD

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas karbon aktif dan sekam pada dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair *laundry*. Berikut merupakan tabel perbandingan hasil analisis limbah cair *laundry* dengan baku mutu

**Tabel 1.** Perbandingan hasil analisis limbah cair *laundry* dengan baku mutu pengujian pertama

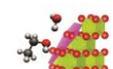
Parameter Uji	Sebelum Treatment	Kondisi sampel sebelum treatment	Sesudah Treatment		Satuan	Baku Mutu*
			Sekam padi	Abu silika		
COD	4045	Keruh	717	827	mg/L	100
BOD	1598		212	485	mg/L	30

\*Standar Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Hasil analisis kondisi awal pada limbah cair *laundry* sebelum perlakuan diperoleh nilai BOD sebesar 4.045 mg/L dan COD sebesar 1.598 mg/L, dengan kondisi sampel berwarna keruh. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kemudian dilakukan pengulangan satu kali sehingga menghasilkan data sebagai berikut.

**Tabel 2.** Perbandingan hasil analisis limbah cair *laundry* dengan baku mutu pengujian kedua

Parameter Uji	Sebelum Treatment	Kondisi sampel sebelum treatment	Sesudah Treatment		Satuan	Baku Mutu*
			Sekam padi	Abu silika		
COD	4045	Keruh	717	827	mg/L	100
BOD	1598		212	485	mg/L	30

\*Standar Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016



Hasil analisis kondisi awal pada limbah cair *laundry* sebelum perlakuan diperoleh nilai BOD sebesar 4045 mg/L dan COD sebesar 1598 mg/L, dengan kondisi sampel berwarna keruh. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kemudian dilakukan pengulangan satu kali sehingga menghasilkan data sebagai berikut.

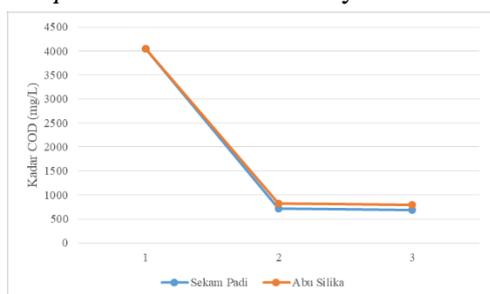
**Tabel 3.** Perbandingan hasil analisis limbah cair *laundry* dengan baku mutu pengujian ketiga

Parameter Uji	Sebelum Treatment	Kondisi sampel sebelum treatment	Sesudah Treatment		Satuan	Baku Mutu*
			Sekam padi	Abu silika		
COD	4045	Keruh	689	795	mg/L	100
BOD	1598		193	411	mg/L	30

\*Standar Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016

Pada tabel di atas, diketahui bahwa hasil analisis kedua, kondisi awal pada limbah cair *laundry* sebelum perlakuan diperoleh nilai BOD sebesar 4045 mg/L dan COD sebesar 1598 mg/L, dengan kondisi sampel berwarna keruh.

### 3.2. Pengaruh sekam padi dan karbon aktif pada penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah cair laundry



**Gambar 4.** Grafik penyerapan COD dalam sekam padi dan abu silika pada limbah cair *laundry*

Pada grafik di atas terlihat bahwa terjadi penurunan kadar COD pada limbah *laundry* yang signifikan. Data pada Tabel II dan III menunjukkan adanya kadar COD yang tinggi sebelum perlakuan. Penyebab tingginya kadar COD pada limbah cair *laundry* dikarenakan berbagai bahan kimia yang terdapat dalam detergen yang digunakan pada proses pencucian [7]. Hasil pengukuran kadar COD sebelum dilakukan perlakuan melebihi baku mutu berdasarkan standar baku yang tertera dengan Peraturan LHK Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 dengan kadar COD maksimal 100 mg/L.

Setelah dilakukan perlakuan pada pengujian pertama, didapatkan hasil kadar COD sekam padi sebesar 717 mg/L. Pada pengujian kedua, hasil kadar COD sekam padi mengalami penurunan sebesar 689 mg/L. Pada hasil kadar COD karbon aktif pengujian pertama, diperoleh sebesar 827

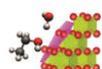
mg/L. Pengujian kedua pada karbon aktif terdapat penurunan kadar COD sebesar 795 mg/L.

Hasil tersebut dapat dikatakan keduanya masih jauh dari standar baku yang ditetapkan. Akan tetapi, hasil keduanya cukup baik karena setelah diberi perlakuan menggunakan karbon aktif dan sekam padi kadar COD menjadi turun dari kondisi awal. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian milik Budiman dan Amirsan bahwa kadar COD setelah perlakuan pada sekam padi dan arang aktif masih jauh dari standar baku, yakni 627,5 mg/L untuk abu sekam padi dan 588 mg/L untuk arang aktif [10].

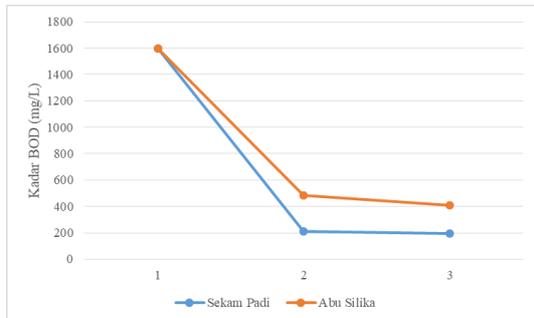
Adapun untuk mengetahui pengaruh sampel dengan penurunan kadar COD, dilakukan dengan analisis statistika melalui uji beda rerata (uji t) yang menunjukkan perbedaan rerata kadar COD. Pada sampel sekam padi didapatkan hasil nilai peluang  $p (0,00266) < 0,05$ . Pada sampel karbon aktif didapatkan hasil nilai peluang  $p (0,00315) < 0,05$ . Dengan demikian, kedua sampel perlakuan baik sekam padi maupun karbon aktif berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar COD pada sampel limbah cair *laundry*. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan hasil penelitian milik Pungus dkk bahwa hasil nilai peluang  $p$  yang didapatkan sebesar  $0,00001115 < 0,05$  yang berarti bahwa media filtrasi berupa kombinasi adsorben berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar COD pada sampel limbah cair *laundry* [8]. Sehingga, dapat dikatakan bahwa pada penelitian yang telah dilakukan, efektivitas sekam padi lebih baik daripada abu silika terhadap penurunan kadar COD.

### 3.3. Pengaruh sekam padi dan karbon aktif terhadap penurunan Biological Oxygen Demand (BOD) pada limbah cair laundry

Pada **Gambar 5** terlihat bahwa terjadi penurunan kadar BOD pada limbah *laundry* yang signifikan. Data pada Tabel II dan III



menunjukkan adanya kadar BOD yang tinggi sebelum perlakuan. Hasil pengukuran kadar BOD sebelum dilakukan perlakuan melebihi baku mutu berdasarkan standar baku yang tertera pada Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 dengan kadar BOD maksimal 30 mg/L.



**Gambar 5.** Grafik penyerapan BOD dalam sekam padi dan abu silika pada limbah cair laundry

Effendi menjelaskan bahwa dekomposisi bahan organik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol [11]. Pada umumnya, limbah laundry bersifat basa dan mengandung bahan organik yang dapat terurai oleh bakteri yang membutuhkan oksigen dalam proses penguraian bahan organik dalam limbah cair [12].

Grafik 5 menunjukkan bahwa setelah diberi perlakuan pada pengujian pertama, didapatkan hasil kadar BOD sekam padi sebesar 212 mg/L. Pada pengujian kedua, hasil kadar BOD sekam padi mengalami penurunan sebesar 193 mg/L. Pada hasil kadar BOD karbon aktif pengujian pertama, diperoleh sebesar 485 mg/L. Pengujian kedua pada karbon aktif terdapat penurunan kadar BOD sebesar 411 mg/L.

Hasil tersebut dapat dikatakan keduanya masih jauh dari standar baku yang ditetapkan. Akan tetapi, hasil keduanya cukup baik karena setelah diberi perlakuan menggunakan karbon aktif dan sekam padi kadar BOD menjadi turun dari kondisi awal. Hasil penelitian sejalan dengan penelitian lain, yang mengungkapkan bahwa penambahan karbon aktif sampai 15 g/L tidak berhasil menurunkan nilai BOD hingga mencapai bawah ambang batas yang berlaku [6].

Adapun pengaruh yang diperkuat dengan analisis statistika melalui uji beda rerata (uji t) yang menunjukkan perbedaan rerata kadar BOD. Pada sampel sekam padi didapatkan hasil nilai peluang p ( $0,004334 < 0,05$ ). Pada sampel karbon aktif didapatkan hasil nilai peluang p ( $0,020475$ )

$< 0,05$ . Dengan demikian, kedua sampel perlakuan baik sekam padi maupun karbon aktif berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar BOD pada sampel limbah cair laundry. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan hasil penelitian milik Pungus dkk bahwa hasil nilai peluang p yang didapatkan sebesar  $0,000157 < 0,05$  yang berarti bahwa media filtrasi berupa kombinasi adsorben berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar BOD pada sampel limbah cair laundry [8].

#### 4 Kesimpulan

Penambahan karbon aktif dan sekam padi secara nyata dapat menurunkan kadar nilai COD dan BOD pada limbah laundry. Sebelum diberlakukan perlakuan kadar COD kedua sampel sebesar 4045 mg/L dan mengalami penurunan berturut-turut baik pengujian pertama maupun pengujian kedua, yakni 717 mg/L dan 689 mg/L pada sekam padi serta 827 mg/L dan 795 mg/L pada karbon aktif). Untuk BOD, sebelum perlakuan di kedua sampel didapatkan kadar BOD sebesar 1598 mg/L dan mengalami penurunan berturut-turut baik pengujian pertama maupun kedua, yaitu 212 mg/L dan 193 mg/L pada sekam padi serta 485 mg/L dan 411 mg/L pada karbon aktif. Efektivitas sekam padi dan karbon aktif memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar COD dan BOD pada limbah cair laundry dengan nilai peluang kurang dari 0,05. Namun, kedua sampel masih belum memenuhi standar baku yang ditetapkan oleh Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta beserta jajarannya atas dukungannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar dan baik.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Yuliani RL, Purwanti E, Pantiwati Y. Effect of Waste Laundry Detergent Industry Against Mortality and Physiology Index of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). Semin Nas XII Pendidik Biol FKIP UNS. 2015;822–8.
- [2]. Gumelar D, Hendrawan Y. Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia crossipes*) Pada

- Penurunan COD Limbah Cair Laundry. J Keteknikan Pertan Trop dan Biosist. 2015;3(1):15–23.
- [3]. Atima W. BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. J Biol Sci Educ. 2015;4(1):83–93.
- [4]. Valentina AE, Miswasi SS, Latifah. Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. Indones J Chem Sci [Internet]. 2013;2(2). Available from: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/eda>
- [5]. Mutiara D, Sutrisno E, Wardhana IW. Penurunan Kadar Cod Dan Tss Pada Limbah Industri Pencucian Pakaian (Laundry) Dengan Metode Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Bintang AiR (*Cyperus alternifolius*). J Tek Lingkungan Undip. 2015;4(4):1–9.
- [6]. Adiastruti FE, Ratih YW, Afany MR. Kajian Pengolahan Air Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi Karbon Aktif Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan *Azolla*. J Tanah dan Air. 2018;15(1):38–46.
- [7]. Wichelsa FV, Darundiati YH, Astorina N. Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. J Kesehat Masy. 2018;6(6):135–42.
- [8]. Pungus M, Palilingan S, Tumimomor F. Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi. Fuller J Chem. 2019;4(2):54–60.
- [9]. Ilyas NI, Studi P, Lingkungan T, Teknik F, Bangsa UP, Upflow R, et al. Efektifitas Penggunaan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) terhadap penurunan COD, BOD & Surfaktan dalam Pengolahan Air Limbah Laundry. J Teknol dan Pengelolaan LINGKUNG. 2020;7(April):14–9.
- [10]. Budiman, Amirsan. Efektifitas abu sekam padi dan arang aktif dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair industri Tahu Super Afifah Kota Palu. Heal Tadulako J. 2015;1(2):23–32.
- [11]. Gemala M, Oktarizal H. Rancang Bangun Alat Penyaringan Air Limbah Laundry. Chempublish J. 2019;4(1):38–43.
- [12]. Rahmi A. Pengolahan Air Limbah Menjadi Air Domestik Non Konsumsi dengan Variasi Karbon Aktif Biosand Filter. Tek Sipil Siklus. 2016;2(1):58–66.

