

PENGARUH BERBAGAI JENIS ADSORBEN TERHADAP KONDUKTIVITAS HIDRAULIK JENUH DAN KUALITAS AIR PADA PROSES PURIFIKASI LIMBAH CAIR

THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF ADSORBENTS ON SATURATED HYDRAULIC CONDUCTIVITY AND WATER QUALITY IN WASTEWATER TREATMENT

Resti Farida¹, Afandi^{1*}, Winih Sekaringtyas Ramadhani², dan Henrie Buchari²

¹Jurusan Agroteknologi,²Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian

Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

*Email: afandi.unila@gmail.com

* Corresponding Author, Diterima: 1 Apr. 2023, Direvisi: 25 Apr. 2023, Disetujui: 10 Jul. 2023

ABSTRACT

Wastewater from domestic and industrial activities requires treatment to minimize environmental problems. Wastewater treatment is carried out to minimize pollutant indicators so wastewater can be disposed of safely. The objective of this research was to evaluate the influence of activated carbon, zeolite, and nano filter as adsorbents on the value of saturated hydraulic conductivity and physical indicators of water quality. This research was conducted on Soil Physics Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung from August to September 2018. Treatment was arranged by factorial (3x3) in a completely randomized design (CRD). The first factors were three types of adsorbents: activated carbon, zeolite, and 1µm nano filter. The second factors were three types of wastewater: groundwater, surfactant wastewater, and Rhodamine B dye wastewater. The data were analyzed by analysis of variance, and then different mean values of treatments were analyzed by 1% of LSD test. The results showed that the use of zeolite adsorbent in surfactant wastewater and nano filter adsorbent in groundwater was effective in reducing TDS, and the use of zeolite adsorbent in Rhodamine B wastewater was effective in balancing pH levels, and qualified with standards of the Minister of Health and Regulation of Minister of Environment, Rhodamine B color degradation in zeolite adsorbent (25%) showed the highest degradation than nano filter and activated carbon adsorbent, and zeolite treatment has the lowest saturated hydraulic conductivity value but has the best effect on water quality from wastewater treatment.

Keywords : Adsorbent, saturated hydraulic conductivity, treatment, wastewater, water quality

ABSTRAK

Limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas domestik dan industri memerlukan tindakan pengelolaan agar tidak menyebabkan permasalahan lingkungan. Pengelolaan limbah cair dilakukan untuk meminimalisir indikator pencemar agar limbah aman dibuang ke perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh karbon aktif, zeolit dan nano filter sebagai adsorben terhadap nilai konduktivitas hidraulik jenuh dan indikator fisik kualitas air. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada Agustus – September 2018, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktorial (3x3). Faktor pertama adalah jenis bahan yang berpengaruh sebagai adsorben, yang terdiri dari karbon aktif, zeolit dan nano filter 1µm. Faktor kedua adalah jenis sampel limbah yang digunakan, yaitu air sumur (kontrol), limbah surfaktan (deterjen), dan limbah pewarna Rhodamin B. Data hasil pengamatan dianalisis dengan ANARA, dan dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf 1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan zeolit pada limbah surfaktan dan nano filter pada air sumur efektif untuk menurunkan persentase TDS, dan penggunaan zeolit pada limbah Rhodamin B efektif untuk menyeimbangkan kadar pH, sehingga sesuai dengan standar Permenkes dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, perubahan warna Rhodamin B pada perlakuan zeolit sebesar 25 % menunjukkan hasil yang paling berpengaruh dibandingkan nano filter dan karbon aktif, dan perlakuan zeolit memiliki nilai konduktivitas hidraulik jenuh paling rendah tetapi memiliki pengaruh paling baik terhadap kualitas air hasil purifikasi limbah cair.

Kata kunci : Adsorben, konduktivitas hidraulik jenuh, kualitas air, limbah cair, purifikasi

1. PENDAHULUAN

Aktivitas manusia di kehidupan sehari-hari maupun di bidang industri selalu menghasilkan limbah. Salah satu yang memiliki dampak besar terhadap pencemaran lingkungan adalah limbah cair. Studi yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia pada tahun 2014 menunjukkan bahwa 60-70% sungai di Indonesia telah tercemar limbah domestik. Dampak limbah cair terhadap perairan antara lain menaikkan kadar pH, memperkeruh warna air dan busa yang menutupi permukaan air dapat menghalangi sinar matahari yang masuk. Hal ini menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis organisme dalam air (Telussa, 2019).

Pengelolaan limbah bukan untuk memurnikan, akan tetapi untuk memperbaiki kualitas limbah yang bertujuan untuk menghindari kerusakan dan pencemaran lingkungan. Metode pengelolaan limbah cair yang telah diuji antara lain metode filtrasi adsorpsi (Sulistiyanti, 2018), dan teknologi membran (Agustina, 2006). Sulistiyanti (2018) mengemukakan bahwa metode filtrasi dan adsorpsi menggunakan zeolit sebagai adsorben utama dapat menurunkan indikator pencemar pada limbah cair laboratorium.

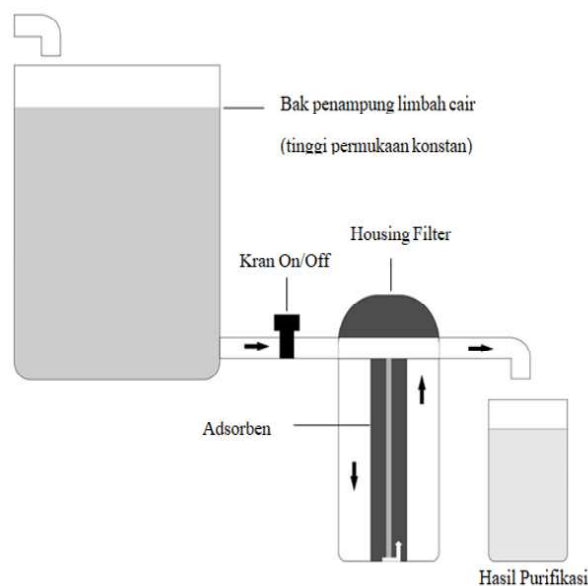
Mineral adsorben dapat memisahkan komponen terlarut secara selektif dari suatu larutan dengan menarik zat terlarutnya ke permukaan mineral (Adeyemo, 2017). Zeolit mampu bertindak sebagai adsorben melalui proses pengikatan senyawa dan molekul tertentu yang hanya terjadi di permukaan. Selain zeolit, penggunaan karbon aktif juga banyak digunakan sebagai adsorben (Sulistiyanti, 2018 & Asadiya, 2018). Selain itu, pengolahan air menggunakan teknologi membran adalah salah satu teknologi yang dikembangkan dalam pengolahan air bersih karena dapat menyaring atau menghilangkan kekeruhan, alga, bakteri, dan seluruh mineral padatan.

Pengelolaan limbah dilakukan dengan menggunakan prinsip konduktivitas hidraulik jenuh (permeabilitas). Konduktivitas hidraulik jenuh diasumsikan sebagai kemampuan mineral untuk meloloskan limbah cair dalam waktu tertentu. Pengujian nilai konduktivitas hidraulik penting dilakukan untuk mengetahui bahan adsorben yang dapat menurunkan kadar bahan pencemar secara efisien dan memiliki daya lolos tinggi. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh bahan karbon aktif, zeolit dan nano filter sebagai adsorben terhadap nilai konduktivitas hidraulik jenuh dan kualitas air pada proses purifikasi limbah cair.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan September 2021, bertempat di Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktorial (3x3). Faktor pertama adalah jenis bahan yang berpengaruh sebagai adsorben, yang terdiri dari 3 taraf yaitu karbon aktif, zeolit dan *sediment filter cartridge* (nano filter) 1µm. Faktor kedua adalah jenis sampel limbah yang digunakan, yaitu air sumur (kontrol), limbah surfaktan (deterjen), dan limbah pewarna Rhodamin B. Penelitian ini terdapat 9 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 10 kali ulangan, sehingga diperoleh 90 satuan percobaan.

Data hasil pengamatan dilakukan analisis sidik ragam menggunakan uji Bartlett dan aditivitasnya diuji menggunakan uji Tukey. Perbedaan nilai tengah pada masing-masing perlakuan dilakukan uji BNT pada taraf 1%. Standar baku mutu hasil kualitas purifikasi limbah cair mengacu pada standar Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10/1995 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 yaitu nilai maksimum pH limbah sebesar 6 – 9. Parameter fisik dalam standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higiene dan sanitasi mengacu pada Permenkes No 32 Tahun 2017 yaitu nilai padatan terlarut atau TDS (*Total Dissolve Solid*) sebesar 1000 mg/l.



Gambar 1. Rancangan Housing Filter

Tabel 1. Variabel Pengamatan

No	Variabel Pengamatan	Metode	Keterangan
1	HC Value	Darcy's Law	Nilai konduktivitas hidraulik
2	Nilai TDS	TDS Meter	Nilai Total Dissolved Solid
3	pH limbah	Elektroda pH meter	pH sebelum dan sesudah purifikasi
4	<i>Visible Color</i> limbah	Blanko Warna	Uji perbandingan warna untuk sampel limbah

Tabel 2. Hasil uji lanjut BNT_(0,01)) Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai Konduktivitas Hidraulik Jenuh

Perlakuan	Nilai Konduktivitas Hidraulik (ml jam ⁻¹)
A1B1	325,31 d
A1B2	211,66 b
A1B3	212,67 bc
A2B1	652,92 f
A2B2	82,90 a
A2B3	84,14 a
A3B1	571,58 e
A3B2	258,76 cd
A3B3	250,85 c
BNT 1%	19,62

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 1%.

Rancangan *housing filter* dibuat menggunakan bak penampung yang disambungkan ke pipa berukuran $\frac{3}{4}$ inch. Ujung pipa dipasang kran dan disambungkan pada tabung *housing filter* yang dilengkapi dengan tabung penampung adsorben. Model rancangan alat ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengukuran konduktivitas hidraulik jenuh dan proses purifikasi limbah cair menggunakan metode permukaan tetap/*Constant Head Permeameter* (Klute & Dirksen, 1986). Tinggi muka air pada bak penampung dipertahankan secara konstan dengan waktu pengukuran 60 detik. Limbah cair yang dialirkan ke *housing filter* akan menjenuhi tabung adsorben dan kemudian mengalir keluar. Hasil pengukuran debit volume digunakan untuk menentukan nilai konduktivitas hidraulik jenuh. Hasil purifikasi limbah dianalisis untuk memperoleh variabel pengamatan. Variabel pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Konduktivitas Hidraulik Jenuh

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa nilai konduktivitas hidraulik jenuh tertinggi diperoleh

pada perlakuan A2B1 sebesar 652,92 ml jam⁻¹. Sementara itu, nilai konduktivitas hidraulik jenuh terendah diperoleh pada perlakuan A2B2 sebesar 82,9 ml/jam dan A2B3 sebesar 84,14 ml jam⁻¹.

Nilai konduktivitas hidraulik jenuh dinilai sebagai kemampuan adsorben dalam mengalirkan limbah yang berkaitan dengan efektivitas waktu penyaringan. Masunaga (2007) mengemukakan bahwa persentase penurunan tertinggi dari indikator pencemar limbah justru terjadi pada nilai konduktivitas hidraulik yang rendah. Pada saat limbah melewati lapisan adsorben dan alirannya melambat, pada tahap inilah terjadi proses adsorpsi padatan dan zat warna oleh adsorben.

3.2 Nilai *Total Dissolved Solid* (TDS)

Hasil pengamatan nilai TDS limbah setelah proses purifikasi dihitung sebagai persentase penurunan (%). Hasil uji BNT_(0,01) pada Tabel 3 menunjukkan bahwa persentase penurunan nilai TDS tertinggi diperoleh pada perlakuan A2B3 sebesar 25,99 %, tetapi hasilnya tidak berbeda nyata dengan perlakuan sebesar 24,07 %. Persentase penurunan nilai TDS terendah diperoleh pada

Tabel 3. Hasil Uji Lanjut BNT_(0,01) Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Penurunan Nilai TDS.

Perlakuan	Nilai Awal (mg l ⁻¹)	Nilai Akhir (mg l ⁻¹)	Penurunan Nilai TDS (%)
A1B1	59	45	24,07 fg
A1B2	59	54	8,98 bc
A1B3	59	46	22,20 f
A2B1	142	122	14,08 e
A2B2	142	125	11,83 d
A2B3	142	105	25,99 g
A3B1	211	194	8,06 b
A3B2	211	200	5,31 a
A3B3	211	191	9,43 bc
BNT 1%			1,88

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 1%.

Tabel 4. Hasil Uji Lanjut BNT_(0,01) Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai Perubahan pH

Perlakuan	pH Awal	pH Akhir	Kenaikan pH (%)	Penurunan pH (%)
A1B1	6,44	8,05	19,97 f	-
A1B2	6,44	8,15	21,02 g	-
A1B3	6,44	8,11	20,57 fg	-
A2B1	6,76	7,47	9,51 e	-
A2B2	6,76	7,30	7,39 d	-
A2B3	6,76	7,51	9,99 e	-
A3B1	7,97	7,90	-	0,93 a
A3B2	7,97	7,79	-	2,31 b
A3B3	7,97	7,70	-	3,34 c
BNT 1%			0,86	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 1%.

perlakuan A3B2 sebesar 5,31 %. Hal ini sesuai dengan penelitian Asadiya (2018) bahwa penggunaan zeolit pada proses adsorpsi dan filtrasi mampu menurunkan kandungan TDS pada limbah cair domestik. Kemampuan zeolit dalam menyerap partikel larutan yang cukup tinggi ini didukung oleh keberadaan rongga di dalam zeolit yang berperan sebagai perangkap (Nursanti, 2019).

3.3 pH Limbah

Hasil pengamatan pH limbah setelah proses purifikasi dihitung sebagai persentase kenaikan dan penurunan (%). Hasil uji BNT_(0,01) pada Tabel 4 menunjukkan bahwa persentase perubahan pH limbah tertinggi diperoleh pada perlakuan A1B2 sebesar 21,02 %. Akan tetapi, hasilnya tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan hasil perlakuan A1B3 yaitu 20,57 %. Nilai perubahan pH terendah diperoleh pada perlakuan A3B1 yaitu sebesar 0,93%. Terjadinya peningkatan pH oleh

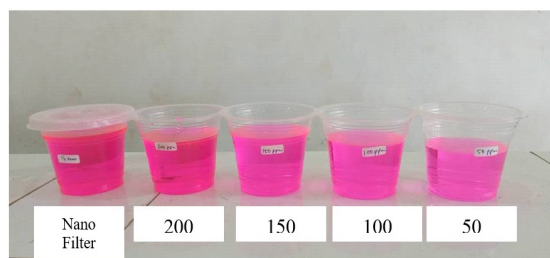
zeolit dimungkinkan karena zeolit memiliki pH 7,2 dan kation-kation basa yang terdapat pada zeolit yaitu Ca, K, dan Mg dapat dipertukarkan dengan ion H⁺ dan Al³⁺, sehingga zeolit banyak digunakan untuk menetralkan pH pada tanah masam. Meskipun sebagian hasil perlakuan menunjukkan adanya peningkatan pH, kadar pH masih dalam batas nilai baku pengelolaan limbah, berdasarkan PERMEN-LH No 5 Tahun 2014 bagi Industri Tekstil yaitu 6 – 9.

3.4 Pengamatan warna (*Visible Color*)

Pengamatan warna limbah hanya dilakukan untuk 3 jenis perlakuan air + Rhodamin B. Pengamatan dilakukan secara visual dengan membandingkan hasil purifikasi dengan 4 konsentrasi larutan standar untuk mengetahui perubahan warna sebelum dan sesudah proses purifikasi. Blanko yang digunakan sebagai pembanding adalah sampel limbah Rhodamin B 200 ppm, 150 ppm, 100 ppm, dan 50 ppm.

Tabel 5. Persentase Penurunan Warna Limbah Rhodamin B pada Tiap Perlakuan

Perlakuan	Indikator	Penurunan (%)
A3B1	4	0
A3B2	4	0
A3B3	3	25



Gambar 2. Hasil Purifikasi Rhodamin B menggunakan Adsorben Nano Filter



Gambar 3. Hasil Purifikasi Rhodamin B menggunakan Adsorben Karbon Aktif



Gambar 4. Hasil Purifikasi Rhodamin B menggunakan Adsorben Zeolit

Pengamatan visual dari hasil purifikasi limbah Rhodamin B menggunakan adsorben nano filter (Gambar 2) tidak menunjukkan degradasi warna. Pengamatan visual dari hasil purifikasi limbah Rhodamin B menggunakan adsorben nano filter (Gambar 3) tidak menunjukkan degradasi warna. Pengamatan visual dari hasil purifikasi limbah Rhodamin B menggunakan adsorben nano filter (Gambar 4) menunjukkan hasil yang identik dengan blanko 150 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi

degradasi warna limbah pada perlakuan A3B3. Persentase penurunan warna ditunjukkan pada Tabel 5.

Perlakuan zeolit sebagai adsorben menunjukkan perubahan warna limbah secara visual sebesar 25%. Zeolit adalah material adsorben yang unik, pada keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Molekul air yang keluar dari pori zeolit dapat memperluas ruang hampa sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap. Ukuran ruang hampa pada zeolit menentukan luas permukaan yang tersedia untuk adsorpsi. Mekanisme adsorpsi warna limbah oleh zeolit adalah semakin besar ukuran rongga, maka semakin besar kemampuan zeolit mengadsorpsi zat warna limbah (Farida, 2009).

Hasil perlakuan nano filter dan karbon aktif tidak menunjukkan perubahan warna sama sekali. Hal ini diasumsikan karena daya jerap warna pada zeolit jauh lebih tinggi daripada karbon aktif. Selain itu, penggunaan karbon aktif sebagai adsorben secara langsung tanpa proses aktivasi menyebabkan hasil kurang efektif. Penelitian yang dilakukan oleh Sahara (2018) menunjukkan bahwa penggunaan adsorben karbon aktif cukup efektif dalam mengadsorpsi zat warna Rhodamin B setelah diaktivasi asam fosfat. Karbon aktif yang teraktivasi memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, P-O dan C-O yang menunjukkan bahwa karbon aktif bersifat lebih polar. Dengan demikian, penggunaan adsorben baik zeolit maupun karbon aktif perlu melalui proses aktivasi untuk mendapatkan hasil adsorpsi warna yang efektif.

4. KESIMPULAN

Penggunaan nano filter sebagai adsorben pada perlakuan limbah surfaktan memiliki nilai konduktivitas hidraulik jenuh yang paling tinggi di antara perlakuan adsorben lainnya. Persentase penurunan TDS adsorben zeolit pada perlakuan limbah surfaktan sebesar 25,99 % dan nano filter pada perlakuan kontrol sebesar 24,07 % menunjukkan nilai yang paling tinggi. Perlakuan zeolit efektif untuk menurunkan kadar pH pada limbah Rhodamin B, akan tetapi meningkatkan kadar pH pada perlakuan kontrol dan limbah surfaktan. 4. Perubahan warna Rhodamin B pada perlakuan zeolit sebesar 25 % menunjukkan hasil yang paling berpengaruh dibandingkan dengan nano filter dan karbon aktif. Perlakuan zeolit memiliki nilai konduktivitas hidraulik jenuh paling rendah tetapi memiliki pengaruh paling baik terhadap kualitas air hasil purifikasi limbah cair.

5. SANWACANA

Penelitian ini merupakan bagian dari skripsi program sarjana jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemo, A. A., I. O. Adeoye, & O. S. Bello. 2017. Adsorption of Dyes Using Different Types of Clay : A review. *Applied Water Science*. 7 : 543 – 568.
- Agustina, S. 2006. Teknologi Membran dalam Pengolahan Limbah Cair Industri. *Bulletin Penelitian*. 28 (1) : 18 – 24.
- Asadiya, A. & N. Karnaningroem. 2018. Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Teknik ITS*. 7 (1): D18 – D22.
- Farida, F. I. 2009. Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung sebagai Bahan Pengikat pada Proses Flotasi untuk Mengolah Limbah Cair yang Mengandung Amonia. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014. <http://www.pelatihanlingkungan.com>. Diakses pada 9 Oktober 2018 Pukul 12.30.
- Klute, A. & C. Dirksen. 1986. *Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods*. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis*. Part 1: Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, Agronomy Monograph No. 9. ASA. Madison.
- Lestari, D.Y. 2010. Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Luanmanee, S., T. Attanandana, T. Masunaga, & T. Wakatsuki. 2002. *Treatment of Domestic Wastewater with a Multi-Soil-Layering (MSL) System in a Temperate and a Tropical Climate*. Soil Science Division of Chatuchak. Bangkok
- Masunaga, T., K. Sato, J. Mori, M. Shirahama, H. Kudo, & T. Wakatsuki. 2007. Characteristic of Wastewater Treatment using a Multisoil-Layering System in Relation to Wastewater Contamination Levels and Hydraulic Loading Rate. *Soil Science and Plant Nutrition*. 53 : 215 – 223.
- Nursanti, I. & N. Kemala. 2019. Peranan Zeolit dalam Peningkatan Kesuburan Tanah Pasca Penambangan. *Jurnal Media Pertanian*. 49(2) : 88 – 91.
- Sahara, E., P. S. Gayatri, & P. Suarya. 2018. Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B dalam Larutan oleh Arang Aktif Batang Tanaman Gumitir Teraktivasi Asam Fosfat. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 6(1) : 37 – 45.
- Sulistiyanti, D., Antoniker, & Nasrokhah. 2018. Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Pengolahan Limbah Laboratorium. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. 3 (2) : 147 – 156.
- Telussa, R. F., F. Rahmatia, & A. Nainggolan. 2019. Sosialisasi Dampak Pencemaran Air terhadap Biota Akuatik dan Strategi Pengendaliannya di di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum. *Jurnal Abdimas*. 1(1) : 58 – 65.