

Adsorpsi Senyawa Organik pada Lindi Menggunakan Cangkang Kerang Ale-Ale (*Meretrix meretrix*) Secara Batch

Yulistya Vidyaning Maulidya, Rudiyanasyah, Nelly Wahyuni*

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Jalan Profesor Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat

*Penulis korespondensi: nellywahyuni@chemistry.untan.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24198/cna.v9.n3.35607>

Abstrak: Penimbunan sampah di TPA Batu Layang, Pontianak, Kalimantan Barat menyebabkan terbentuknya air lindi yang memiliki konsentrasi COD sangat tinggi. Hal tersebut menyebabkan dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan. Pengolahan air lindi secara sederhana dapat dilakukan menggunakan metode adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi waktu kontak, massa adsorben, dan kecepatan pengadukan optimum terhadap efisiensi adsorpsi. Karakterisasi menggunakan FTIR terhadap adsorben cangkang kerang ale-ale menunjukkan adanya puncak pada bilangan gelombang 1452 cm^{-1} , 852 cm^{-1} , dan 716 cm^{-1} yang menandakan keberadaan gugus C-O. Pengukuran konsentrasi COD pada penelitian ini dilakukan secara titrasi permanganometri. Adsorpsi keadaan optimum diperoleh pada massa 4,5 g dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 240 menit yang dapat menurunkan konsentrasi COD pada air lindi dari 1131,28 mg/L menjadi 456,94 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 59,61%. Adsorpsi dilakukan kembali pada keadaan optimum mampu menurunkan konsentrasi COD pada air lindi dibawah baku mutu menjadi 288,35 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 36,89%.

Kata kunci: adsorpsi, kerang ale-ale, COD, lindi

Abstract: The waste in Batu Layang TPA, Pontianak, West Kalimantan can form a very high COD concentration of leachate. It gives some negative impacts to environment and health. One of the simplest methods to treat leachate is adsorption. The aims of this study are to determine optimum condition of variations shaking time, adsorbent dosage, and shaking speed based on adsorption efficiency. FTIR characterization of ale-ale shells adsorbent showed peaks at 1452 cm^{-1} , 852 cm^{-1} , and 716 cm^{-1} which indicated the presence of C-O groups. The concentration of COD was determined based on permanganometry titration. The optimum condition of adsorption was obtained by shaking time 240 minutes, adsorbent dosage 4.5 g, and shaking speed 200 rpm was able to reduce COD concentration from 1131.28 mg/L to 456.936 mg/L with an adsorption efficiency 59.61%. The re-adsorption of optimum condition was able to reduce COD concentration under standard until 288.35 mg/L with an adsorption efficiency 36.89%.

Keywords: adsorption, ale-ale shells, COD, leachate

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk seiring dengan peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan, sehingga terjadi penumpukan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) termasuk pula di TPA Batu Layang, Kota Pontianak. Menurut Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (2020), jumlah timbunan sampah yang dihasilkan di Indonesia mencapai 33 juta ton/tahun, sedangkan untuk Kota Pontianak menghasilkan timbunan sampah tahunan sebesar 140 ribu ton/tahun. Timbunan sampah tersebut dapat menyebabkan terbentuknya air lindi. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI Nomor 03/PRT/M/2013 air lindi

adalah cairan yang timbul sebagai limbah akibat masuknya air eksternal ke dalam urugan atau timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi terlarut. Secara umum lindi memiliki karakteristik konsentrasi COD yang tinggi, sehingga menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan menurun yang berdampak terhadap lingkungan dan kesehatan (Said & Hartaja 2015; Sumantri & Cordova 2011).

Pengolahan air lindi secara sederhana dapat dilakukan secara fisika-kimia menggunakan metode adsorpsi (Indrayani & Rahmah 2018). Adsorpsi merupakan proses penyisihan zat terlarut berupa molekul atau ion pada suatu fasa fluida (Setianingsih 2018). Adsorben yang digunakan sebaiknya bersifat ramah lingkungan dan tidak menghasilkan zat

pencemar baru. Penelitian ini memanfaatkan cangkang kerang ale-ale sebagai adsorben yang berasal dari Desa Suka Bangun, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat. Adsorben cangkang kerang ale-ale selain bersifat ramah lingkungan juga cenderung mudah ditemukan di lingkungan sekitar masyarakat karena berasal dari bahan alam. Menurut Priyanto (2010) komoditi kerang ale-ale di Desa Suka Bangun mencapai 18.375-27.562 kg bahkan lebih pada akhir tahun. Cangkang kerang ale-ale memiliki senyawa CaCO_3 dengan kandungan unsur Ca sebesar 89,89% (Maisyarah dkk. 2019). Senyawa CaCO_3 sebagai adsorben memiliki gaya tarik menarik antar molekul akibat adanya gugus fungsi C-O yang bersifat polar (Hasyim 2015).

Proses adsorpsi pada penelitian ini dilakukan terhadap variasi waktu kontak, massa adsorben, dan kecepatan pengadukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi waktu kontak, massa adsorben, dan kecepatan pengadukan optimum terhadap efisiensi adsorpsi guna meminimalkan konsentrasi COD pada lindi yang dihasilkan oleh TPA Batu Layang.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan antara lain alat gelas yang umum digunakan di laboratorium kimia, ayakan 40 dan 60 mesh, *hotplate*, *hammer mill*, *magnetic stirrer*, neraca analitik, oven, spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) Frontier Perkin Elmer FT-IR, spektrofotometer UV-Vis (UV-2600 Shimadzu), dan termometer hingga suhu 110°C .

Bahan-bahan yang digunakan antara lain $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (Merck), H_2SO_4 (Merck), KMnO_4 (Merck), dan limbah cangkang kerang ale-ale dari Desa Suka Bangun, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat.

Pembuatan Adsorben

Limbah cangkang kerang ale-ale dicuci dan dibilas dengan air bersih, kemudian dikeringanginkan selama 24 jam. Sampel kemudian dikeringkan di oven pada suhu 105°C dan didinginkan pada suhu ruang. Selanjutnya cangkang kerang ale-ale dihaluskan dengan menggunakan *hammer mill*. Cangkang kerang ale-ale yang telah dihaluskan kemudian diayak dengan ukuran partikel 40 mesh. Bubuk cangkang kerang ale-ale dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi penyusun adsorben.

Karakterisasi Lindi

Konsentrasi COD pada air lindi sebelum dan setelah adsorpsi dianalisa secara titrasi permanganometri sesuai SNI 06-6989.22-2004.

Penentuan Waktu Kontak Optimum Berdasarkan Efisiensi Penyerapan (Elystia dkk. 2016)

Adsorben cangkang kerang ale-ale ditimbang sebanyak 2,5 g kemudian dimasukkan ke dalam gelas

beaker yang berbeda yang berisi 50 mL air lindi. Proses pengadukan dilakukan dengan kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu kontak 120, 240, dan 360 menit. Filtrat hasil penyaringan diukur konsentrasi COD nya untuk menentukan waktu kontak optimum berdasarkan efisiensi adsorpsi pada air lindi. Efisiensi adsorpsi dihitung dengan persamaan (1).

$$\%R = \frac{c_{in} - c_{out}}{c_{in}} \times 100\% \dots (1)$$

Dengan: R = Efisiensi Penyisihan
 c_{in} = Konsentrasi pada larutan saat awal (mg/L)
 c_{out} = Konsentrasi pada larutan saat kesetimbangan (mg/L)

Penentuan Massa Adsorben Optimum Berdasarkan Efisiensi Penyerapan (Elystia dkk. 2016)

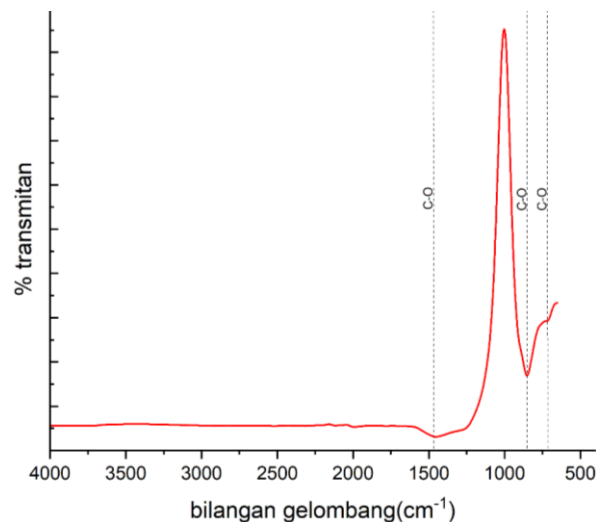
Adsorben cangkang kerang ale-ale ditimbang dengan variasi massa adsorben 2,5; 4,5; dan 6,5 g kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berbeda yang berisi 50 mL air lindi. Proses pengadukan dilakukan dengan kecepatan 150 rpm dengan waktu kontak optimum yang telah diperoleh. Filtrat hasil penyaringan diukur konsentrasi COD nya untuk menentukan massa adsorben optimum berdasarkan efisiensi adsorpsi pada lindi. Efisiensi adsorpsi dihitung berdasarkan persamaan (1).

Penentuan Kecepatan Pengadukan Optimum Berdasarkan Efisiensi Penyerapan (Elystia dkk. 2016)

Adsorben cangkang kerang ale-ale ditimbang sesuai massa adsorben optimum yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berbeda yang berisi 50 mL air lindi. Proses pengadukan dilakukan dengan variasi kecepatan 100, 150, dan 200 rpm selama waktu kontak optimum yang diperoleh. Filtrat hasil penyaringan diukur konsentrasi COD nya untuk menentukan kecepatan pengadukan optimum berdasarkan efisiensi adsorpsi pada lindi. Efisiensi adsorpsi dihitung berdasarkan persamaan (1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cangkang kerang ale-ale yang telah digiling dan diayak dengan ukuran partikel 40 mesh di karakterisasi menggunakan FTIR menghasilkan beberapa serapan puncak pada bilangan gelombang 1452, 852, dan 716 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-O (Gambar 1). Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Kamba *et al.* (2013) dimana spektrum FTIR nya menunjukkan bilangan gelombang 1455, 855, dan 709 cm^{-1} untuk gugus C-O. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR tersebut maka cangkang kerang ale-ale dapat dijadikan sebagai adsorben karena memiliki gaya tarik menarik antar molekul akibat adanya gugus fungsi C-O yang bersifat polar



Gambar 1. Spektrum IR cangkang kerang ale-ale

(Hasyim 2015). Gugus C-O pada adsorben merupakan ikatan kovalen yang menghasilkan momen dipol akibat perbedaan keelektronegatifan. Atom O memiliki keelektronegatifan lebih besar sehingga pasangan elektron ikatan akan lebih tertarik pada atom O (Atkins *et al.* 2010).

Penentuan senyawa organik yang teradsorpsi pada penelitian ini sudah mengikuti standar SNI nomor 06-6989.22-2004. Konsentrasi awal COD pada air lindi diperoleh sebesar 1131,28 mg/L. Berdasarkan Permen LH P.59/2016 baku mutu konsentrasi COD air lindi sebesar 300 mg/L, oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan air lindi sebelum diterima oleh lingkungan. Hasil penelitian Moideen *et al.* (2016) menggunakan cangkang kerang darah sebagai adsorben dengan sistem kolom dapat menurunkan konsentrasi COD hingga 37,25%. Adsorpsi pada penelitian ini menggunakan sistem batch terhadap variasi waktu kontak, massa adsorben, dan kecepatan pengadukan untuk meminimalkan konsentrasi COD air lindi dari TPA Batu Layang (Gambar 2).



Gambar 2. Kolam lindi

Waktu Kontak Optimum Berdasarkan Efisiensi Penyerapan

Berdasarkan Tabel 1 terlihat adanya peningkatan efisiensi adsorpsi pada waktu kontak 120 menit menuju 240 menit, hal ini terjadi karena dengan semakin lamanya waktu maka akan semakin besar interaksi adsorbat untuk berikatan pada sisi aktif adsorben sampai mencapai waktu optimumnya. Hal

tersebut didukung dengan adanya penurunan efisiensi adsorpsi pada waktu ke 360 menit yang diakibatkan terakumulasinya molekul-molekul adsorbat pada sisi aktif adsorben setelah mencapai keadaan optimumnya. Adsorben akan menjadi jenuh sehingga molekul-molekul adsorbat yang telah berikatan dengan sisi aktif adsorben akan terlepas kembali seiring dengan bertambahnya waktu kontak (Syafrianda dkk. 2017). Waktu kontak optimum pada penelitian ini yaitu selama 240 menit dengan efisiensi penyerapan senyawa organik sebesar 44,71%.

Tabel 1. Penentuan waktu kontak optimum

No.	Waktu kontak (menit)	Efisiensi adsorpsi (%)
1.	120	37,93
2.	240	44,71
3.	360	32,51

Massa Adsorben Optimum Berdasarkan Efisiensi Penyerapan

Proses adsorpsi dilakukan kembali terhadap variasi massa adsorben selama 240 menit. Berdasarkan Tabel 2, terjadi peningkatan efisiensi adsorpsi pada massa adsorben 2,5 g menuju 4,5 g karena banyaknya luas permukaan sisi aktif adsorben yang tersedia untuk berikatan dengan adsorbat berbanding lurus dengan peningkatan massa adsorben yang digunakan (Putri dkk., 2019). Namun, pada massa adsorben 6,5 g adsorben tidak dapat lagi berikatan terhadap adsorbat akibat terjadi kejenuhan pada adsorben yang ditandai dengan penurunan efisiensi adsorpsi, sehingga adsorbat yang terikat pada adsorben akan terlepas kembali (Takarani dkk., 2019). Hal tersebut terjadi setelah melewati keadaan optimum adsorben, sehingga diperoleh massa adsorben optimum 4,5 g dengan efisiensi penyerapan senyawa organik sebesar 55,54%.

Tabel 2. Penentuan massa adsorben optimum

No.	Massa adsorben (g)	Efisiensi adsorpsi (%)
1.	2,5	44,71
2.	4,5	55,54
3.	6,5	50,13

Kecepatan Pengadukan Optimum Berdasarkan Efisiensi Penyerapan

Proses adsorpsi dilakukan kembali terhadap variasi kecepatan pengadukan dengan massa adsorben 4,5 g selama 240 menit. Pada kecepatan pengadukan 100 dan 150 rpm tidak terjadi perubahan efisiensi adsorpsi, sehingga dapat dikatakan bahwa banyaknya senyawa organik yang teradsorpsi pada kecepatan pengadukan 100 dan 150 rpm adalah sama. Sedangkan pada kecepatan pengadukan 200 rpm terjadi peningkatan efisiensi adsorpsi namun tidak berbeda signifikan. Hal tersebut terjadi karena semakin besarnya interaksi adsorbat untuk menembus lapisan film diffusion menuju permukaan adsorben akibat turbulensi yang dihasilkan dari peningkatan kecepatan pengadukan (Asip dkk. 2008). Berdasarkan Tabel 3, tidak diperoleh kecepatan pengadukan optimum, namun diperoleh kecepatan pengadukan maksimum yaitu 200 rpm dengan efisiensi penyerapan senyawa organik sebesar 59,61%.

Tabel 3. Penentuan kecepatan pengadukan optimum

No.	Kecepatan pengadukan (rpm)	Efisiensi adsorpsi (%)
1.	100	55,54
2.	150	55,54
3.	200	59,61

Adsorpsi keadaan optimum diperoleh pada massa 4,5 g dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 240 menit dapat menurunkan konsentrasi COD air

lindi dari 1131,28 mg/L menjadi 456,94 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 59,61%. Namun adsorpsi senyawa organik pada air lindi menggunakan adsorben cangkang kerang ale-ale pada keadaan optimum belum mampu menurunkan konsentrasi COD hingga baku mutu. Sehingga dilakukan pengulangan proses adsorpsi hingga mencapai baku mutu. Pengulangan adsorpsi tersebut dilakukan terhadap air lindi yang sama namun menggunakan adsorben cangkang kerang ale-ale yang baru. Tabel 4 menunjukkan pengulangan proses adsorpsi yang dilakukan sudah mampu menurunkan konsentrasi COD hingga baku mutu air lindi.

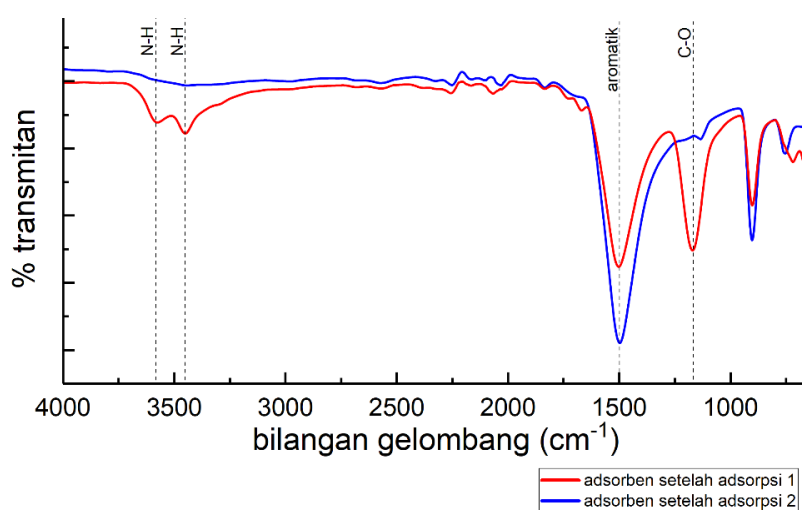
Tabel 4. Adsorpsi menggunakan cangkang kerang ale-ale kondisi optimum

Adsorpsi ke-	Konsentrasi COD awal (mg/L)	Konsentrasi COD akhir (mg/L)	Efisiensi adsorpsi (%)
1	1131,28	456,94	59,61
2	456,94	288,35	36,89

Pengulangan proses adsorpsi terhadap senyawa organik pada air lindi terjadi penurunan konsentrasi COD secara signifikan yang dibuktikan dengan spektra FTIR sesuai Gambar 3. Berdasarkan Tabel 5, senyawa organik pada air lindi TPA Batu Layang yang terserap menggunakan adsorben cangkang kerang ale-ale merupakan senyawa aromatik yang memiliki gugus N-H dan C-O.

Tabel 4. Interpretasi gugus fungsi

Adsorpsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsional
1	3523	N-H
	3400	N-H
	1451	Aromatik
	1120	C-O
2	1447	Aromatik

**Gambar 3.** Spektra FTIR cangkang kerang ale-ale kondisi optimum

KESIMPULAN

Penurunan konsentrasi COD ditandai dengan terserapnya senyawa organik menggunakan adsorben cangkang kerang ale-ale yang bersifat polar oleh gugus fungsi C-O sehingga adsorbat yang bersifat polar dapat teradsorpsi. Keadaan optimum diperoleh pada waktu kontak 240 menit, massa adsorben 4,5 g, dan kecepatan pengadukan 200 rpm menggunakan adsorben cangkang kerang ale-ale dengan konsentrasi COD sebesar 456,94 mg/L dan efisiensi adsorpsi sebesar 59,61%, namun belum mampu menurunkan konsentrasi COD hingga baku mutu. Pengulangan adsorpsi pada keadaan optimum mampu menurunkan konsentrasi COD dibawah baku mutu menjadi 288,35 mg/L dengan efisiensi adsorpsi 36,89%.

DAFTAR PUSTAKA

- Asip, F., Mardhiah, R. & Husna, H. (2008). Uji efektifitas cangkang telur dalam mengadsorpsi ion Fe dengan proses batch. *Jurnal Teknik Kimia*. **15(2)**: 22–26.
- Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., Armstrong, F. & Hagerman, M. (2010). *Shriver and Atkins Inorganic Chemistry*. 5th ed. Oxford University Press. Great Britain.
- Elystia, S., Azis, Y., Reza, M. & Ermal, D.S. (2016). Penyisihan zat organik dari air gambut menggunakan precipitated calcium carbonate (PCC) dari limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II. Padang, 19 Oktober 2016..
- Hasyim, U.H. (2015). Modifikasi permukaan precipitated calcium carbonate (PCC) dengan coating agents asam stearat dan gama mercaptosilane sebagai reinforcing filler pada pembuatan kompon karet. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Jakarta. 17 November 2015.
- Indrayani, L. & Rahmah, N. (2018). Nilai parameter kadar pencemar sebagai penentu tingkat efektivitas tahapan pengolahan limbah cair industri batik. *Jurnal Rekayasa Proses*. **12(1)**: 41–50.
- Kamba, A.S., Ismail, M., Ibrahim, T.A.T. & Zakaria, Z.A.B. (2013). Synthesis and characterisation of calcium carbonate aragonite nanocrystals from cockle shell powder (*Anadara granosa*). *Journal of Nanomaterials*. **2013**: 398357.
- Maisyarah, A.O., Shofiyah, A. & Rudiyanisya. (2019). Sintesis CaO dari cangkang kerang ale-ale (*Meretrix meretrix*) pada suhu kalsinasi 900°C. *Kimia Khatulistiwa*. **8(1)**: 32–35.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7.2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2013). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor/03/PRT/M/2013. Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Moideen, S.N.F., Md Din, M.F., Ponraj, M., Mohd Yusof, M.B., Ismail, Z., Songip, A.R. & Chelliapan, S. (2016). Wasted cockle shell (*Anadara granosa*) as a natural adsorbent for treating polluted river water in the fabricated column model (FCM). *Desalination and Water Treatment*. **57(35)**: 16395-16403.
- Priyanto, D.A. (2010). Analisis Pengembangan Desa-Desa Pantai Bagi Pengelolaan Konflik Penangkapan Ale-Ale (*Meretrix Spp*) Di Perairan Ketapang Kalimantan Barat. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Putri, I.D., Daud, S. & Elystia, S. (2019). Pengaruh massa dan waktu kontak adsorben cangkang buah ketapang terhadap efisiensi penyisihan logam fe dan zat organik pada air gambut. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. **6(2)**: 1–13.
- Said, N.I. & Hartaja, D.R.K. (2015). Pengolahan air lindi dengan proses biofilter anaerob-aerob dan denitrifikasi. *Jurnal Air Indonesia*. **8(1)**: 1-20.
- Setianingsih, T. (2018). Karakterisasi Pori dan Luas Muka Padatan. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (2020). Timbulan Sampah. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- Sumantri, A. & Cordova, M.R. (2011). Dampak limbah domestik perumahan skala kecil terhadap kualitas air ekosistem penerimanya dan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. **1(2)**: 127-134.
- Syafrianda, I., Yenier, E., & Daud, S. (2017). Pengaruh waktu kontak dan laju pengadukan terhadap adsorpsi zat warna pada air gambut menggunakan adsorben limbah biosolid land application industri minyak kelapa sawit. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. **4(2)**: 1–6.
- Takarani, P., Novita, S. F. & Fathoni, R. (2019). Pengaruh massa dan waktu adsorben selulosa dari kulit jagung terhadap konsentrasi penyerapan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi V. Samarinda, 10 Oktober 2019.