



Effect of Adsorbent Mass and pH on the Reduction of Chemical Oxygen Demand (COD) in Palm Oil Mill Effluent (POME) Using *Theobroma cacao* L. Shell as Adsorbent

Pengaruh Massa dan pH terhadap Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menggunakan Adsorben Kulit *Theobroma cacao* L.

Melan Akuri, Robby Gus Mahardika, & Fajar Indah Puspita Sari*

¹⁾Department of Chemistry, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

* Corresponding author: fajar-indah@ubb.ac.id

Received: June 24, 2024, Accepted: October 2, 2025 Published: October 31, 2025

ABSTRACT

Cocoa shell (*Theobroma cacao* L.) is a plant waste that has not been widely utilized. Cocoa husk contains cellulose, hemicellulose, lignin, fat and crude fiber so that it can be used as an adsorbent to reduce COD (Chemical Oxygen Demand) levels in POME (Palm Oil Mill Effluent). POME is a brown liquid released from the factory which contains a lot of dissolved solids. COD is the total amount of oxygen required to chemically or biologically oxidize organic matter to CO₂ and H₂O. This study aims to determine the characteristics of cocoa pods and to determine the mass of the adsorbent and the optimum pH in reducing COD in POME. Cocoa shells were dried in an oven for 24 hours, then mashed and sieved using a 100mesh size. Then activated using 0.6 M nitric acid with a ratio of 1:10. Cocoa husk adsorbent was tested for moisture and ash content, which were 10.40% and 4.08%, and characterized using SAA obtained a surface area 0.547 m²/g. Furthermore, the determination of the optimum mass and pH using the COD test method with closed reflux titrimetrically. The optimum mass of the adsorbent is 1 gram and the pH is pH 4 with an allowance for a decrease of 40%; 96%, the COD content is 153,187.2 mg/L; 8,510.4 mg/L with an adsorption capacity of 5,106.24 mg/g; 12,340.08 mg/g.

Keywords : adsorption, *Theobroma cacao* L. Shell, liquid waste and COD

PENDAHULUAN

Pengembangan industri dan pabrik kelapa sawit menghasilkan dampak negatif berupa pencemaran terhadap lingkungan. Industri kelapa sawit menghasilkan limbah cair paling utama *Palm Oil Mill Effluent* (POME) (Nasution, 2004). POME merupakan suspensi koloid yang mengandung air 95-96%, minyak 0,6-0,7%, lemak 4-5%, serta dengan persentase COD, BOD

serta padatan tersuspensi yang tinggi (Mohammed dan Chong, 2014). Sehingga perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair kelapa sawit dengan cara adsorpsi.

Adsorpsi merupakan cara pemisahan yang baik untuk menurunkan kadar berbagai polutan terlarut dalam suatu limbah (Mohammed-Khak dan Ansari, 2009). Pada proses adsorpsi, adsorben berperan dalam penyerapan dari senyawa yang akan dieliminasi (Tangio, 2013).

Sehingga dibutuhkan adsorben yang memiliki spesifisitas tinggi agar bisa diaplikasikan secara berkelanjutan (Holle, dkk., 2013). Pada permukaan adsorben terlihat bahwa adsorbat menempel pada pori adsorben selama proses adsorpsi (Pandia, dkk., 2017). Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak pori-pori yang dilewati, sehingga nilai COD yang diserap nano karbon aktif semakin besar (Gani dan Widodo, 2011).

Indonesia merupakan negara penghasil kakao terbesar nomor 3 diseluruh dunia sehingga produksi kakao di Indonesia terbilang cukup tinggi yaitu mencapai 657.050 ton pada tahun 2017. Bagian tanaman kakao yang paling sering dimanfaatkan adalah biji buahnya sedangkan kulit buah kakao menjadi limbah terbesar dari proses produksi kakao yaitu sebesar 75 persen (Sartini, 2012). Peningkatan penanaman dan produksi buah kakao mengakibatkan limbah tersebut meningkat (Sianipar, dkk., 2016). Limbah kulit buah kakao hanya dimanfaatkan sebagai pupuk dan pakan ternak (Suparjo, dkk., 2011). Limbah kulit kakao berpotensi untuk dijadikan adsorben dalam mengatasi masalah pencemaran air akibat limbah, karena memiliki kandungan selulosa 36,23%, hemiselulosa 1,14% dan lignin 20 - 27,95% (Pandia, dkk., 2017). Sebelum digunakan sebagai adsorben, kulit kakao diaktivasi menggunakan larutan asam nitrat untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi (Purnamawati dan Utami, 2014). Upaya mengatasi tingginya nilai Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) yang dapat mencemari lingkungan perairan. Pemanfaatan limbah kulit kakao sebagai adsorben ramah lingkungan menawarkan solusi berbiaya rendah yang sejalan dengan konsep ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah berkelanjutan. Sehingga pada penelitian ini, perlu dipelajari karakteristik dan kondisi optimum seperti massa adsorben dan pH dalam penurunan kadar COD pada POME.

METODOLOGI

Alat

Surface Area Analyzer (SAA) Quantachrome Novatouch Lx4, neraca analitik, oven, sentrifugasi, *magnetik stirrer*, blender, ayakan 100 mesh, dan peralatan gelas.

Bahan

Kulit buah kakao, akuades, HNO₃ (Merck), NaOH (Merck), HCl (Mallinckrodt), kalium

dikromat (K₂Cr₂O₇), H₂SO₄ (Mallinckrodt), HgSO₄, Ag₂SO₄, Ferro Ammonium Sulfat (FAS), 1,10-phenanthrolin monohidrat dan FeSO₄.7H₂O.

Prosedur

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel imbah cair POME di PT.Putra Bangka Mandiri dengan metode sampling sesaat (*grab sampling*) sesuai dengan SNI 6989.59:2008. Sampel diambil pada inlet IPAL.

Pembuatan Adsorben

Sampel kulit kakao dipotong kecil-kecil, kemudian dicuci dan dijemur hingga kering ± 5 jam. Setelah kering dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 80 °C selama 24 jam. Kemudian diblender dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Serbuk kulit kakao dicampurkan sebanyak 100 gram ke dalam larutan HNO₃ 0,6 M 1000 mL, kemudian dipanaskan dan diaduk dengan suhu 80 °C selama 2 jam. Lalu dinetralkan menggunakan akuades. Adsorben dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80 °C selama 3 jam. Selanjutnya adsorben dilakukan pengujian kadar air dan kadar abu, dan karakterisasi permukaan menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) (Aviliani *et al.*, 2022).

Penentuan Massa Adsorben Optimum pada Penurunan Kadar COD Limbah POME

Adsorben kulit kakao masing-masing 1, 2, 3 dan 4 gram dimasukkan ke dalam limbah POME sebanyak 100 mL. Campuran tersebut diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 1 jam. Setelah disaring ambil filtrat untuk dianalisis COD (Pandia, dkk., 2017).

Penentuan pH Optimum pada Penurunan Kadar COD Limbah POME

Masing-masing sebanyak 100 mL limbah POME ditambahkan 1 gram adsorben kulit kakao kemudian dikondisikan pada pH 2, 3, 4, 5 dan 7 menggunakan HCl dan NaOH (Sitanggang, dkk., 2017). Kemudian diaduk menggunakan magnetik stirrer dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 1 jam. Setelah disaring filtrat dilakukan pengukuran COD.

Pengujian COD Limbah POME

Metode Pengukuran COD mengacu pada SNI 06-3730-1995. Sampel limbah sebanyak 2,50 mL dimasukkan dalam tabung kultur. Kemudian tambahkan larutan K₂Cr₂O₇ sebanyak 1,50 mL

dan larutan pereaksi H_2SO_4 sebanyak 3,5 mL. Sampel dikocok sampai homogen. Setelah larutan berwarna kuning, sampel direfluks pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Sampel dinginkan sampai suhu ruang. Sampel dimasukkan sebanyak 5 mL larutan tersebut ke dalam erlenmeyer, lalu tambahkan 2 tetes indikator ferroin. Sampel dititrasi menggunakan larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) hingga terjadi perubahan warna menjadi coklat kemerahan. Pembuatan larutan blanko dengan menambahkan 2,5 mL akuades, lalu ditambahkan pereaksi-pereaksi pada prosedur diatas dengan volume yang sama. Dicatat volume FAS yang digunakan. Selanjutnya dilakukan perhitungan COD berdasarkan SNI 06-6989.73:2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Adsorben

Aktivasi serbuk kulit kakao bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang menutupi pori sehingga luas permukaannya bertambah besar dan mempengaruhi daya adsorpsinya (Sianipar, dkk., 2016). Aktivasi dilakukan secara kimia yaitu menggunakan larutan asam nitrat (HNO_3) 0,6 M. Aktivasi kimia dipilih karena waktu yang lebih pendek, suhu yang lebih rendah dan kemurnian lebih tinggi (Krisnawati, 2013). Larutan HNO_3 dapat menguraikan mineral yang terdapat pada kulit kakao seperti kalsium (Pandia, dkk., 2017). Aktivasi menggunakan HNO_3 bertujuan untuk meningkatkan sifat pori (Arif, dkk., 2015). Kulit kakao setelah aktivasi memiliki warna yang lebih gelap dan sedikit lebih kasar dari kulit kakao sebelum aktivasi. Pada kulit kakao sebelum aktivasi masih memiliki bau yang masih khas seperti coklat sedangkan pada kulit kakao setelah aktivasi tidak memiliki bau.

Penentuan Kadar Air dan Kadar Abu

Karakterisasi adsorben kulit buah kakao bertujuan untuk mengetahui kualitas adsorben yang dihasilkan, meliputi penentuan kadar air dan kadar abu. Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui seberapa besar air yang terkandung dalam adsorben kulit kakao. Adsorpsi akan berlangsung secara optimal jika kadar air rendah. Hal ini karena semakin rendah kadar air maka semakin banyak adsorbat yang dapat menempati pori (Kartika, 2014). Hasil kadar air total yang diperoleh pada pengujian adsorben kulit kakao sebesar 10,40%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 kadar air arang

aktif dalam bentuk serbuk yang diperbolehkan adalah maksimal 15%.

Penentuan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam dalam arang aktif. Tinggi rendahnya kadar abu dipengaruhi oleh kemampuan aktivator saat aktivasi dalam melarutkan pengotor-pengotor yang berupa oksida logam dan mineral anorganik yang menutupi pori karbon aktif. Sisa-sisa mineral dalam karbon aktif sebagian besar telah terbuang saat proses aktivasi sehingga tidak menutup pori karbon aktif (Sitanggang, dkk., 2017). Kadar abu total adsorben kulit kakao diperoleh sebesar 4,08%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 kadar abu arang aktif adalah maksimal 10%.

Penentuan Luas Permukaan

Untuk mengetahui luas permukaan dan volume pori menggunakan perhitungan *Brunauer Emmet Teller* (BET), dengan cara menghitung penyerapan gas nitrogen oleh permukaan adsorben pada kondisi isothermal dan vakum.

Tabel.1 Hasil Pengujian Luas Permukaan Adsorben

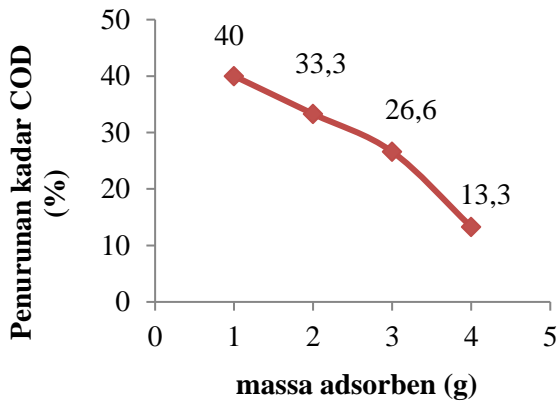
Parameter	Kulit kakao sebelum aktivasi	Kulit kakao setelah aktivasi
Luas permukaan	0,1483 m ² /g	0,5466 m ² /g

Berdasarkan Tabel.1 menunjukkan bahwa peningkatan luas permukaan pada kulit kakao teraktivasi asam nitrat karena banyak pengotor-pengotor yang dapat terlarut sehingga luas permukaan meningkat (Sitanggang, dkk., 2017). Peningkatan luas permukaan terjadi karena abu dan pengotor lainnya terlepas pada proses pemanasan dan adanya asam nitrat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aktivasi akan membuat permukaan pada karbon aktif menjadi terbuka dan membentuk pori-pori pada permukaan, dengan banyaknya pori-pori yang terbuka pada permukaan adsorben akan memungkinkan adsorbat teradsorpsi lebih efektif atau meningkatkan kapasitas adsorpsinya.

Penentuan Massa Adsorben Optimum pada Penurunan Kadar COD Limbah POME

Tujuan dari penentuan massa optimum adsorben adalah untuk mengetahui jumlah maksimum adsorben yang akan digunakan

untuk proses adsorpsi sehingga penggunaan adsorben lebih efisien (Riska, dkk., 2018). Kadar awal COD limbah POME adalah 255.312 mg/L.



Gambar 1. Pengaruh Massa Adsorben terhadap Penurunan Kadar COD Limbah POME

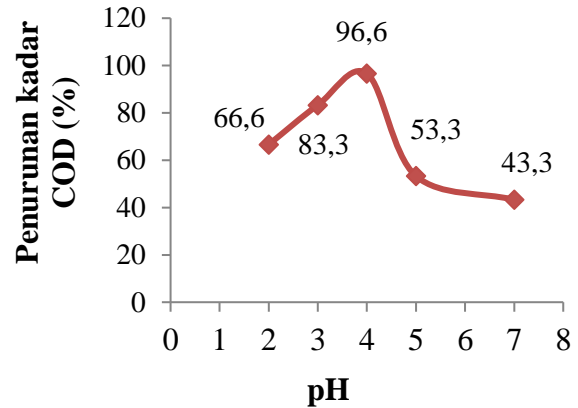
Pada Gambar 1. menunjukkan bahwa massa optimum terjadi pada adsorben 1 gram dengan besarnya persentase daya serap COD limbah POME sebesar 40%, diperoleh kadar COD sebesar 153.187,2 mg/L dan kapasitas adsorpsi 5.106,24 mg/g. Penggunaan jumlah adsorben yang besar membutuhkan waktu untuk mencapai keadaan setimbang menjadi lebih lama (Pandia, dkk., 2017). Pada massa adsorben 1 gram telah mengalami kejenuhan atau pori-pori pada adsorben telah terisi penuh sehingga tidak dapat menyerap senyawa organik pada limbah POME. Sehingga peningkatan jumlah adsorben yang digunakan tidak lagi mempengaruhi penurunan kadar COD pada limbah POME (Umah, dkk., 2018).

Penentuan pH Optimum pada Penurunan COD Limbah POME

Derajat keasaman (pH) salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Limbah POME sebelum adsorpsi diperoleh pH yaitu 6 dengan kadar COD sebesar 255.312 mg/L. Selanjutnya limbah POME sebanyak 50 mL ditambahkan adsorben kulit kakao sebanyak 1 gram diperoleh pH yaitu 8. Kemudian limbah POME yang telah ditambahkan adsorben dikondisikan menjadi pH 2, 3, 4, 5 dan 7 dengan penambahan HCl.

Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa hasil adsorpsi yang diperoleh berfluktuasi untuk setiap kondisi operasi. Kondisi pH optimum terjadi pada pH 4 besarnya persentase penurunan kadar COD limbah POME sebesar 96,6%. Pada kondisi pH 4 memiliki kecenderungan yang tetap. Hal ini karena terjadi interaksi antara senyawa asam organik

yang ada dalam POME dengan permukaan adsorben kulit kakao sehingga mengalami kejenuhan (Safrianti, dkk., 2012). Sedangkan pada pH yang lebih dari 4 terjadi penurunan karena pada kondisi tersebut senyawa organik dalam POME telah mengisi pada pori adsorben.

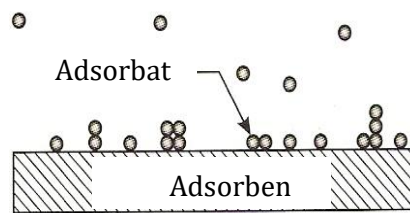


Gambar 2. Pengaruh pH terhadap Penurunan Kadar COD Limbah POME

Mekanisme Penurunan COD menggunakan Adsorben Kulit Kakao

Nilai COD menggambarkan total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO₂ dan H₂O (Rosela dan Anita, 2018). Pengujian kadar COD menggunakan metode titrimetri dengan reflux tertutup. Adsorben kulit kakao dikontakkan dengan POME, sehingga terjadi interaksi antara adsorben dengan senyawa organik yang terdapat dalam POME. Senyawa organik dalam limbah POME akan dioksidasi oleh K₂Cr₂O₇ yang menghasilkan gas karbon dioksida, air dan ion krom.

Pada penelitian Zein, dkk. (2022) adsorben sebelum dikontakkan dengan limbah terlihat bentuk morfologi pada permukaan masih terbuka dan terdapat pori-pori, sedangkan setelah dikontakkan dengan limbah POME terlihat permukaan tidak terbuka dan pori-pori sebagian tertutup. Penyerapan tersebut merupakan secara fisika (fisiosorpsi). Pada proses fisiosorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya *Van der waals*. Dimana molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Islamawwati, dkk., 2018). Sehingga dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben (Gambar 3).



Gambar 3. Mekanisme Adsorpsi

KESIMPULAN

Karakteristik adsorben dari kulit kakao teraktivasi asam nitrat memiliki warna yang lebih coklat dan sedikit lebih kasar dari kulit kakao tanpa aktivasi, serta telah memenuhi SNI No. 06-3730-1995 dengan kadar air sebesar 10,40% dan kadar abu sebesar 4,08%. Hasil SAA menunjukkan peningkatan luas permukaan menjadi 0,547 m²/g. Massa optimum adsorben yaitu sebesar 1 gram dengan penurunan kadar COD sebesar 40%, kadar COD 153.187,2 mg/L dan kapasitas adsorpsi 5.106,24 mg/g. pH 4 merupakan pH optimum dengan penurunan kadar COD sebesar 96%, kadar COD 8.510,4 mg/L dan kapasitas adsorpsi 12.340,08 mg/g.

REFERENSI

- Aviliani, D., Sari, F. I. P., & Mahardika, R. G. (2022). The Effectiveness of Pandan Sea (*Pandanus Tectorius*) Cellulose Active Charcoal in Reducing BOD, COD, TSS Level's in Liquid Waste Tapioca. *Stannum: Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 4(2), 52–59. <https://doi.org/10.33019/jstk.v4i2.3326>
- Arif, E.N., Tear, E. dan Farma, R. (2015). Pembuatan dan Karakterisasi Sel Superkapasitor Menggunakan Karbon Aktif Monolit dari Kayu Karet Berdasarkan Variasi Konsentrasi HNO₃. *JOM FMIPA*, 2(1).
- Gani, M.U. dan Widodo, W. (2011). Experiment of Industrial Waste Absorption using Activated Carbon from Coal of Tanjung Tabalong, South Kalimantan. *Indonesian Journal on Geoscience*, 6(4): 239-248.
- Holle, R.B., Wuntu, A.D. dan Sangi, M.S. (2013). Kinetika Adsorpsi Gas Benzena pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal MIPA*, (2)2.
- Islamawati, D., Darundiati, Y.H. dan Dewanti, N.A.Y. (2018). Studi Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Menggunakan Ferri Klorida (FeCl₃) pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6): 69-78.
- Juwita, A.I., Ahmad, I., Musdalifah., Bujawati, E. dan Basri, S. (2018). Efektifitas Arang Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao*.L)

- untuk Menurunkan Kesadahan, Salinitas dan Senyawa Organik Air. *Higiene*, (4)1.
- Kartika, E.Y. (2014). Penentuan Kadar Air dan Kadar Abu pada Biskuit. *Jurnal Kimia Analitik*, (2): 1-10.
- Krisnawati. (2013). Penjerapan Logam Cd, Fe dan Zn dengan Adsorben Cangkang Telur Bebek yang Telah Diaktivasi. *Skripsi*, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Mohammed, R.R. dan Chong, M.F. (2014). Treatment and Decolorization of Biologically Treated Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Banana Peel as Novel Biosorbent. *Journal of Environmental Management*, (132): 237-249.
- Mohammad-Khak, A. dan Ansari, R. (2009). Activated Charcoal: Preparation Characterization And Application: A Review Article, *International Journal Of Chem Tech Research*, 1(4): 859-864.
- Nasution, D.Y. (2004). Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit yang Berasal dari Kolam Akhir (Final Pond) dengan Proses Koagulasi Melalui Elektrolisis. *Jurnal Sains Kimia*, 8(2): 38-40.
- Orji, M.U., Nwokolo, S.O. dan Okoli, I. (2006). Effect of Palm Oil Mill Effluent on Soil Microflora. *Nigeria Journal of Microbiology*, 20(2).
- Pandia, S., Siahaan, A.D.Y. dan Hutagalung, A.T. (2017). Pemanfaatan Adsorben Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Untuk Menurunkan Chemical Oxygen Demand Pada Palm Oil Mill Effluent. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(3).
- Purnamawati, H. dan Utami, B. (2014). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika*, 5(1): 12-18.
- Rosela, Y. dan Anita, S. (2018). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L) Sebagai Adsorben Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Riska, K., Titin, A.Z. dan Lia, D. (2018). Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Adsoeben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *JKK*, 7(3): 75-83.
- Safrianti, I., Wahyuni, N. dan Zaharah, T.A. (2012). Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *JKK*, 1(1): 1-7.
- Sartini, M.N. (2012). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao Sebagai Sumber Bahan Aktif

- untuk Sediaan Farmasi. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 7(2).
- Sianipar, L.D., Zaharah, T.A. dan Syahbanu, I. (2016). Adsorpsi Fe(II) Dengan Arang Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Teraktivasi Asam Klorida. *JKK*, 5(2): 50-59.
- Sihombing, Y.P. (2019). Adsorpsi Zat Pewarna Tekstil Methyl Orange Menggunakan Adsorben Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*). *Skripsi*, Universitas Sumatera Utara. Medan
- Sitanggang, T., Shofiyani, A. dan Intan, S. (2017). Karakterisasi Adsorpsi Pb (II) Pada Karbon Aktif Dari Sabut Pinang (*Areca Catechu L*) Teraktivasi H₂SO₄. *JKK*, 6(4): 49-55.
- SNI 06-6989.73:2019. Air dan air limbah – Bagian 73: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks tertutup secara titrimetri.
- Suparjo, S., Wiryawan, K.G., Laconi, E.B. dan Mangunwidjaja, D. (2011). Performa Kambing yang Diberi Kulit Buah Kakao Terfermentasi. *Media Peternakan*, 34(1).
- Tangio, J.S. (2013). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1).
- Umah, N.R., Joko, T. dan Dangiran, H.L. (2018). Efektivitas Dosis Ferri Klorida (FeCl₃) Dalam Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Pabrik Tahu di Tempelsari Kalikajar Wonosobo. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6).
- Zein, R., Nazar, I. dan Zilfa. (2020). Aplikasi Teknik Biosorpsi menggunakan Biosorben Kulit Batang Sagu, Arang Aktif Kulit Kakao dan Cangkang langkitang untuk Mengolah Air Limbah CPO. *Jurnal Litbang Industri*, 10(1).