

Pengaruh Variasi Dosis Adsorben terhadap Penyisihan COD Buangan Akhir Palm Oil Mill Effluent (POME) menggunakan Magnetic Biochar

Kesni Savitri^{1)*}, David Andrio²⁾, Zuchra Helwani³⁾, Herianto⁴⁾

¹ Mahasiswa Program Studi S2 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

² Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³ Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

⁴ Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Yogyakarta

Corresponding author email kesnisavitri88@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi dosis adsorben terhadap penyisihan COD buangan akhir POME menggunakan magnetic biochar. Magnetic biochar merupakan modifikasi biochar dengan penempelan ion logam. Magnetic biochar berbahan baku limbah pelepah sawit dibuat dengan cara impregnasi pelepah sawit dengan $FeCl_3 \cdot 6H_2O$. Proses selanjutnya adalah proses pirolisis menggunakan reaktor fixed bed horizontal dengan temperatur $550^\circ C$ dan dialiri dengan gas N_2 selama 20 menit. Uji adsorpsi dilakukan dengan sistem batch dengan variasi dosis adsorben 1,25; 3,15; 5; 6,8; 8,55 g/L. Hasil supernatan diambil dan dianalisis dengan parameter uji COD total. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa semakin besar dosis magnetic biochar yang diberikan maka semakin besar % penyisihan COD buangan akhir POME. Penyisihan sebesar 72,72% diperoleh dari penggunaan 8,55 g/L magnetic biochar dan terendah diperoleh sebesar 50,3 % dengan penggunaan 1,25 g/L. Sementara hasil penyisihan COD buangan akhir POME menggunakan biochar tanpa modifikasi hanya sebesar 31,77%. Sehingga penggunaan biochar yang dimodifikasi dinilai lebih baik dalam penghilangan COD buangan akhir POME.

Kata kunci : adsorpsi; magnetic biochar; COD; POME

Abstract

This study aims to determine the effect of variation adsorbent dose on the removal of COD in final POME effluent using magnetic biochar. Magnetic biochar is a modification of biochar by inserted metal ions on biochar surface. Magnetic biochar made from palm frond waste is made by impregnation with $FeCl_3 \cdot 6H_2O$. Then pyrolysis process using a fixed bed horizontal reactor with a temperature of $550^\circ C$ and flowing with N_2 gas for 20 minutes. The adsorption test was carried out in a batch system with a variation of the adsorbent dose of 1.25; 3.15; 5; 6.8; 8.55 g/L. The supernatant results were taken and analyzed with total COD test parameters. Based on the results, it was found that the larger the dose of magnetic biochar given, the greater the % COD removal from the final POME effluent. The highest removal of COD was 72,72% with 8,55 g/L magnetic biochar dose and the lowest was obtained by 50.3% with 1.25 g/L magnetic biochar dose. Meanwhile, the COD removal for the final POME effluent using unmodified biochar was only 31.77%. So that the use of modified biochar is considered to be better in removing POME final effluent COD.

Key words : adsorption; magnetic biochar; COD; POME

I. Pendahuluan

Industri sawit merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang mempunyai peran sangat penting dalam perekonomian di Indonesia. Tren produksi CPO meningkat tiap tahunnya dan mencapai 44,76 juta ton (BPS, 2020). Berkembangnya industri sawit mengakibatkan produksi limbah terutama limbah cair dari pengolahan sawit cenderung meningkat dan hampir mencapai 2,5 m^3 /ton produksi sawit (Weng dkk, 2016; Munandar dkk, 2016).

Besarnya volume POME yang dihasilkan berpotensi untuk dimanfaatkan kembali menjadi sumber air baku industri. Untuk memanfaatkan

potensi ini, buangan akhir pengolahan POME harus diolah kembali untuk menurunkan COD dan TSS dari 350 dan 250 mg/L (PERMEN LH No. 5 Tahun 2014) menjadi air kelas 3 untuk peruntukan industri dengan konsentrasi COD sebesar 40 mg/l (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021). Proses biologi umumnya tidak *feasible* untuk konsentrasi COD rendah (< 350 mg/L) sehingga untuk mengolah buangan akhir pengolahan POME diperlukan proses kimia-fisika, salah satunya adsorpsi menggunakan biochar untuk menyisihkan COD.

Beberapa metode telah dikembangkan untuk penghilangan kontaminasi dari perairan seperti

Pengaruh Variasi Dosis Adsorben terhadap Penyisihan COD Buangan Akhir *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menggunakan *Magnetic Biochar*

chemical precipitation, *ultrafiltration*, pemisahan menggunakan membran, dan *electro chemical deposition*. Namun kekurangan dari metode tersebut adalah rendahnya efisiensi penghilangan, tingginya konsumsi energi, biaya yang besar dan terdapatnya kontaminan lanjutan. Selanjutnya metode yang berkembang adalah adsorpsi. Metode adsorpsi memiliki desain yang sederhana dengan biaya awal produksi yang murah dan tidak membutuhkan lahan yang luas. Adsorpsi banyak digunakan untuk menghilangkan polutan tertentu pada limbah, terutama untuk limbah yang sulit didegradasi secara biologi seperti limbah yang mengandung logam-logam, limbah organik dan limbah pewarna.

Biochar merupakan salah satu adsorben dalam proses adsorpsi yang menarik perhatian peneliti karena memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi terutama dalam pengolahan polutan pada air (Deng dkk, 2017). Material untuk pembuatan *biochar* sebagai adsorben harus memiliki sifat material yang spesifik diantaranya memiliki struktur berpori, luas permukaan yang besar, gugus fungsi yang tinggi dan komponen mineral yang tinggi (Liu dkk, 2018). Berdasarkan sifat material tersebut mengakibatkan *biochar* memiliki kemampuan adsorpsi yang kuat untuk mengadsorpsi berbagai macam polutan di perairan (Chen dkk, 2011; Mohan dkk, 2014; Zhang dkk, 2013).

Biochar dan karbon aktif memiliki efisiensi penghilangan kontaminan yang tinggi namun memiliki kelemahan sulit untuk dipisahkan dari air karena partikelnya yang sangat kecil (Chen dkk, 2011). *Biochar* yang telah terpakai mengandung sejumlah kontaminan dan jika diaplikasikan pada badan air membutuhkan teknik pemisahan untuk mengumpulkan kembali adsorben dari badan air mencegah kontaminan lanjutan (Zhang dkk, 2013). Sehingga untuk meningkatkan efisiensi metode penghilangan kontaminan di perairan dan kemudahan dalam pemisahan, penelitian terkini telah berfokus menggunakan *magnetic biochar*.

Pelepeh sawit merupakan biomassa berpori, kaya akan selulosa dan termasuk limbah perkebunan sawit yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Metode yang digunakan pada pembuatan *magnetic biochar* adalah impregnasi kering menggunakan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan rasio impregnasi 0,5. Kondisi

operasi yakni pengadukan 150 rpm selama 3 jam pada temperatur 30°C (Mubarak dkk, 2015 dan Yap dkk, 2016). Temperatur pirolisis 550°C, waktu pirolisis 20 menit (Mubarak dkk, 2015).

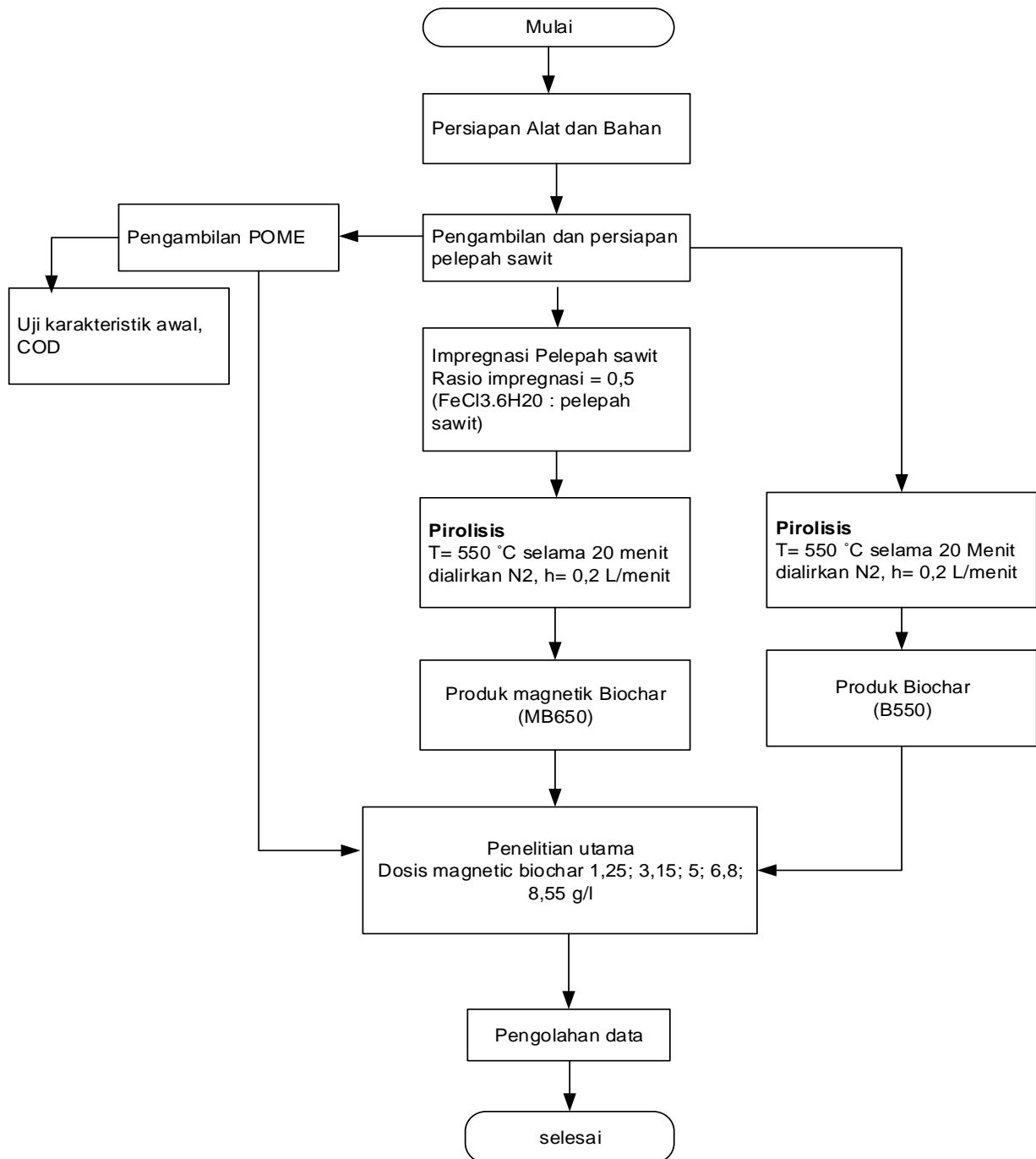
Lawal dkk (2020) telah berhasil menyisihkan COD buangan akhir POME hingga 81,4% menggunakan *biochar* berbahan baku pelepah sawit. Namun dosis adsorben yang digunakan masih cukup tinggi yaitu 30 g/L dan waktu kontak 24 jam. Sehingga pada penelitian ini dengan memodifikasi *biochar* menggunakan ion logam Fe, selain untuk kemudahan pemisahan diharapkan juga dapat meningkatkan kemampuan *biochar* berbahan baku pelepah sawit.

II. Metode

Pada penelitian ini, digunakan bahan baku berupa limbah pelepah sawit yang diambil dari perkebunan Universitas Riau. Blok diagram tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Bahan baku awal mulanya di pres menggunakan mesin *press* tebu dan dibersihkan dari pengotor, kemudian dijemur dan pengecilan ukuran hingga 100 mesh. 150 gram pelepah sawit diimpregnasi dalam 1000 ml gelas kimia menggunakan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan rasio impregnasi yakni 0,5 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: biomassa). Proses impregnasi dilakukan selama 3 jam menggunakan *homogenizer* dengan kecepatan 150 rpm pada temperatur 30°C.

Tahap selanjutnya adalah pirolisis menggunakan reaktor *fixed bed horizontal* dengan laju alir N_2 0,2 l/menit pada temperatur 550 °C selama 20 menit (Mubarak dkk, 2015). Produk *magnetic biochar* yang diperoleh didinginkan secara natural dan dibilas menggunakan aquadest hingga pH netral. Kemudian dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 105°C selama 3 jam.

Sedangkan untuk pembuatan produk *biochar*, 150 gram pelepah sawit langsung pada tahap pirolisis menggunakan reaktor *fixed bed horizontal* dengan laju alir N_2 0,2 l/menit pada temperatur 550 °C selama 20 menit (Mubarak dkk, 2015). Produk *biochar* yang diperoleh didinginkan secara natural dan dibilas menggunakan aquadest hingga pH netral. Kemudian dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 105°C selama 3 jam.



Gambar 1. Blok Diagram Tahapan Penelitian

Pengaruh Variasi Dosis Adsorben terhadap Penyisihan COD Buangan Akhir Palm Oil Mill Effluent (Pome) menggunakan Magnetic Biochar

Penelitian utama dilakukan dalam erlenmeyer 250 ml dengan volume kerja 200 ml. Pada penelitian ini dilakukan penentuan dosis *magnetic biochar* terbaik. Dosis adsorben yang digunakan adalah 1,25; 3,15; 5; 6,8; 8,55 g/l dengan waktu kontak 150 menit. Kondisi operasi yakni menggunakan *shaker* dengan kecepatan pengadukan 150 rpm (Ruthiraan dkk, 2017). Adsorben dipisahkan menggunakan magnet batang. Supernatan hasil uji *shaker* dianalisis dengan parameter uji COD total.

Efisiensi penyisihan kontaminan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Efisiensi\ adsorpsi\ (\%) = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100 \quad (1)$$

dimana, C_o = konsentrasi awal larutan uji (mg/l); C_t = konsentrasi akhir larutan uji (mg/l).

III. Hasil dan Pembahasan

III.1. Karakteristik Awal Buangan Akhir Pengolahan POME

Dalam penelitian penyisihan COD menggunakan 5 buah erlenmeyer, masing-masing erlenmeyer berisi sampel POME dengan volume yang sama yaitu 200 ml dan berat adsorben yang berbeda yaitu 0,25; 0,63; 1; 1,36 dan 1,71 gram. Waktu kontak yang digunakan adalah 150 menit. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

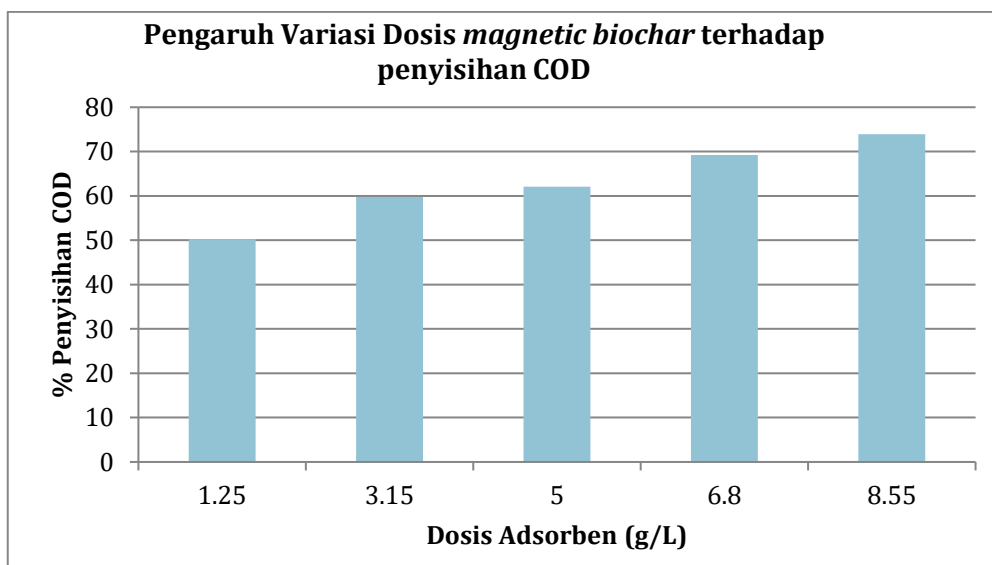
Berdasarkan Gambar 2 penyisihan COD total pada buangan akhir pengolahan POME meningkat

dengan bertambahnya dosis *magnetic biochar* dari pelepah sawit. Persentase penyisihan COD Total tertinggi terjadi pada dosis 8,55 g/l sebesar 73,9%, sedangkan persentase penyisihan terendah terjadi pada dosis 1,25 g/l sebesar 50,7%. Berdasarkan hasil uji analisis yang dilakukan, sesuai dengan penelitian Lawal dkk. (2020) dan Munandar dkk (2016) menunjukkan bahwa dengan meningkatnya dosis adsorben dapat meningkatkan penyisihan konsentrasi COD Total dalam buangan akhir POME. Hal ini dikarenakan semakin banyak dosis adsorben yang digunakan akan meningkatkan konsentrasi COD yang diserap juga akan semakin banyak. Penambahan dosis adsorben yang digunakan dapat meningkatkan jumlah permukaan kontak adsorben dan adsorbat sehingga meningkatkan jumlah molekul organik yang diadsorpsi (Said dkk., 2015; Munandar dkk, 2016).

Pada penelitian ini *biochar* dengan dosis dan waktu kontak yang sama menunjukkan kinerja yang jauh dibawah *magnetic biochar* seperti yang terlihat pada Tabel 1. *Biochar* dengan dosis 8,55 g/L hanya mampu menyisihkan 31,77% COD dan lebih rendah dari pada *magnetic biochar* dengan dosis 1,25 g/L yaitu 50,3%. Hal ini membuktikan keberhasilan modifikasi *biochar* meningkatkan kinerja *biochar* dalam penyisihan dan teknik pengumpulan kembali adsorben yang telah terkontaminasi adsorbat yaitu dengan penggunaan magnet batang. Penampakan proses sebelum, ketika dan setelah proses adsorpsi COD buangan akhir POME dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran COD Setelah Proses Adsorpsi Menggunakan *Magnetic biochar*

Adsorben	Dosis adsorben (g/L)	Konsentrasi COD (mg/l)		% Removal
		Influen	effluent	
<i>Magnetic biochar</i>	1,25	348	173,04	50,3
	3,15		140,08	59,74
	5		131,84	62,11
	6,3		107,12	69,21
	8,55		90,64	73,95
<i>Biochar</i> tanpa perlakuan	8,55	348	237,44	31,77



Gambar 2. Pengaruh variasi Dosis *magnetic biochar* terhadap penyisihan COD buangan akhir POME



Gambar 3. Buangan *akhir* POME sebelum, ketika dan setelah proses adsorpsi menggunakan *magnetic biochar*

Tabel 2 Perbandingan adsorben berbahan baku biomassa yang berbeda untuk adsorpsi COD

Adsorben	Dosis (g/l)	% Penyisihan	Peneliti
karbon aktif berbahan baku cangkang sawit	80	80	Rugayah dkk. (2014)
Nano karbon aktif berbahan baku cangkang sawit	20	87,7	Munandar dkk. (2016)
karbon aktif berbahan baku cangkang sawit	40	68	Zainal dkk. (2018)
<i>biochar</i> berbahan baku pelepah sawit	10	63,6	Lawal dkk. (2020)
<i>biochar</i> berbahan baku pelepah sawit	8,55	31,7	Penelitian ini
<i>Magnetic biochar</i> berbahan baku pelepah sawit	8,55	73,9	Penelitian ini

Pengaruh Variasi Dosis Adsorben terhadap Penyisihan COD Buangan Akhir Palm Oil Mill Effluent (POME) menggunakan *Magnetic Biochar*

Pada Gambar 3 menunjukkan penampakan buangan akhir POME sebelum proses adsorpsi tampak berwarna keruh dengan COD awal 348 mg/l. Selanjutnya ditambahkan *magnetic biochar*, dengan waktu kontak 150 menit dan waktu pengadukan di shaker 150 rpm. Setelah proses adsorpsi selesai *magnetic biochar* dapat ditarik dengan magnet dan supernatan hasil adsorpsi dapat terpisah. Tampak pada gambar bahwa hasil adsorpsi pengolahan POME sudah tampak perubahan warna POME. Keberhasilan *magnetic biochar* telah menurunkan konsentrasi COD hingga 90,7 mg/l masih belum memenuhi baku mutu air industri kelas 3 yaitu 40 mg/l.

Tabel 2 menunjukkan hasil penelitian mengenai adsorpsi COD buangan akhir POME menggunakan adsorben berbahan baku biomassa yang berbeda. Jika dibandingkan dari dosis adsorben yang digunakan pada penelitian ini dengan beberapa literatur, *biochar* berbahan baku pelepah sawit yang dimodifikasi menjadi *magnetic biochar* memiliki kemampuan penyisihan yang cukup tinggi dibanding adsorben lainnya.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar dosis adsorben maka penyisihan COD buangan akhir POME juga akan semakin besar. Dengan % penyisihan tertinggi 76,7% pada dosis 8,55 g/L dan terendah 50,3% pada dosis 1,25 g/L. Sedangkan *biochar* dengan dosis 8,55 g/L menghasilkan % penyisihan paling rendah yaitu 31,77%. Keberhasilan *magnetic biochar* telah menurunkan konsentrasi COD hingga 90,7 mg/l namun masih belum memenuhi baku mutu air industri kelas 3 yaitu 40 mg/l.

V. Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik. 2020. Statistik Kelapa Sawit Indonesia. *Badan Pusat Statistik*. <https://www.bps.go.id>

Chen, B., Zaiming, C., dan Shaofang, L. 2011. A Novel *Magnetic biochar* Efficiently Sorbs Organic Pollutants and Phosphate. *Bioresource Technology*. Vol. 102, Hal. 716-723.

Deng, Y., Zhang, T., dan Wang, Q. 2017. *Biochar* Adsorption Treatment for Typical Pollutants Removal in Livestock Wastewater: A Review. *Intech*. Hal. 72-82.

Lawal, A.A., Hassan, M.A., Farid, M.A.A., Yasim-Anuar, T.A.T., Yusoff, M.Z.M., Zakaria, M.R., Roslan, A.M., Mokhtar, M.N., Shirai, Y., 2020b. Production of *biochar* from oil palm frond by steam pyrolysis for removal of residual contaminants in palm oil mill effluent final discharge, *J. Clean. Prod.*, Vol. 265, No. 121643, April 2020.

Liu, L., Fan, S., and Li, Y. 2018. "Removal Behavior of Methylene Blue from Aqueous Solution by Tea Waste: Kinetics, Isotherm and Mechanism, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol.15, No. 1321, pp 1-16. 2018

Mohan, D., Sarswat, A., Sik, Y., and Pittman, C.U., 2014. Organic and inorganic contaminants removal from water with *biochar*, a renewable, low cost and sustainable adsorbent – A critical review. *Bioresource Technology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>

Mubarak, N.M., Fo, Y.T., Hikmat, S.A., Sahu, J.N., Abdullah, E.C., Nizamuddin, S., Jayakumar, N.S., dan Ganesan, P. 2015. Removal of Methylene Blue and Orange-G from Waste Water Using Magnetic Biochar, *International J. of Nanoscience*, Vol. 14, No. 1, pp. 1-13, 2015

Mubarak, N.M., Sahu, J.N, Abdullah, N.S dan Jayakumar, N.S. 2016. Palm oil empty fruit bunch based *magnetic biochar* composite comparison for synthesis by microwave-assisted and conventional heating, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, doi: 10.1016/j.jaap.2016.06.02

Munandar, A., Muhammad, S. dan Mulyati, S. 2016. Penyisihan COD dari Limbah Cair Kelapa Sawit menggunakan Nano Karbon Akti, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 11, No.1, pp. 24 - 31, Juni 2016, Doi: 10.23955/rkl.v11i1.4231

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Ruthiraan, M., Abdullah, E.C., Mubarak, N.M., dan Norainia, M.N. 2017. "A Promising Route of

Magnetic Based Materials for Removal of Cadmium And Methylene Blue from Waste Water," *J. of Environmental Chemical Eng.* Vol. 5, pp.1447–1455, 2017.

Said, M., Hassimi A.H., Mohd, T.M.N., dan Abdul, W.M. 2015. Removal of COD, TSS and Colour from Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Montmorillonite, *Desalination and Water Treatment*, Vol. 57, No. 23, pp. 10490-10497. 2015

Zainal, N.H., Jalani, N.F., Mamat, R., Astimar, A.A., 2018b. A review on the development of palm oil mill effluent (POME) final discharge polishing treatments. *J. Oil Palm Res.* 29, 528e540.
<https://doi.org/10.21894/jopr.2017.00012>.

Zhang, Ming., Bin, G., Sima, V., Arthur, H., Ying, Y., dan Mandu, I. 2013. Preparation and Characterization of A Novel *Magnetic biochar* for Arsenic Removal. *Bioresource Technology*. Vol. 130, Hal. 457-462.