

**KANDUNGAN AROMATIK EFFLUENT ORGANIC MATTER  
(EfOM) PADA PENGOLAHAN *OXIDATION DITCH ALGAE*  
REACTOR MENGGUNAKAN *CHLORELLA SP.***

**Imaniar Ramadhani, Emira Aulia Rachmah, Fairuz Khurotul Aini dan Euis  
Nurul Hidayah**

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Email: [euisnh.tl@upnjatim.ac.id](mailto:euisnh.tl@upnjatim.ac.id)

**ABSTRAK**

Limbah cair domestik dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan *Algae Bloom*. Bahan organik yang dihasilkan dari produk sampingan alga atau AOM dapat menyebabkan terjadinya pembentukan DBPs pada pengolahan. Penggunaan ODAR dalam penelitian bertujuan mengetahui kandungan organik aromatik dengan *Chlorella sp.* menggunakan uji  $UV_{254}$ . Didapatkan hasil kenaikan nilai adsorbansi  $UV_{254}$  pada kedua variasi. Pada variasi 1:3 kondisi oksik mengalami kenaikan sebesar 325,83%, sedangkan pada variasi kondisi oksik-anoksik sebesar 163,01 %. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya by-product yang dihasilkan oleh mikroalga *Chlorella sp.* dan terdapat EfOM yang berasal dari proses biologi yang dapat mengandung senyawa aromatik. Kandungan bahan organik aromatik tertinggi dihasilkan pada pengolahan dengan variasi kondisi oksik. Peningkatan nilai adsorbansi bahan aromatik tertinggi pada kondisi oksik, menunjukkan kondisi aerasi secara oksik dan oksik-anoksik pada variasi air limbah dan mikroalga 1:3 mampu meningkatkan kandungan senyawa aromatik.

**Kata kunci:** *Oxidation Ditch Algae Reactor,  $UV_{254}$ , Chlorella sp.*

**ABSTRACT**

*Domestic liquid waste can pollute the environment and cause Algae Blooms. Organic matter produced from algae by-products or AOM can lead to the formation of DBPs during processing. The use of ODAR in this study aims to determine the organic content of aromatics with Chlorella sp. using the  $UV_{254}$  test. The results of the increase in the  $UV_{254}$  adsorption value were obtained in both variations. In the 1:3 variations, the oxic condition increased by 325.83%, while in the oxic-anoxic condition variation is increased by 163.01 %. This can be caused by the presence of by-products produced by the microalgae Chlorella sp. and there is EfOM derived from biological processes that can contain aromatic compounds. The highest aromatic organic matter content was produced in processing with various oxic conditions. The increase in the adsorption value of the highest aromatic material was in oxic conditions, indicating that the oxic and oxic-anoxic aeration conditions in the 1:3 variation of wastewater and microalgae were able to increase the content of aromatic compounds.*

**Keywords:** *Oxidation Ditch Algae Reactor,  $UV_{254}$ , Chlorella sp.*

## **PENDAHULUAN**

Limbah cair domestik menjadi sumber utama pencemaran air sungai mencapai 60-70% (Kospa & Rahmadi, 2019) yang diketahui dapat meningkatkan populasi alga atau disebut *algae bloom* sebagai salah satu pencemar yang dapat memproduksi bahan organik terlarut dan menyebabkan air sungai dalam keadaan anoksik, perubahan pada warna dan bau, serta masalah toksisitas (Villacorte et al., 2015). *Alga Organic Matter* (AOM) merupakan bahan organik sampingan yang dilepaskan alga melalui metabolisme secara ekstraseluler atau disebut *Extracellular Organic Matter* (EOM) yang dilepaskan saat fase eksponensial dan melalui autolisis sel secara intraseluler atau disebut *Intracellular Organic Matter* (IOM) yang dilepaskan saat fase kematian atau *decline* (Rehman et al., 2017).

Perbedaan jenis, fase tumbuh, dan umur budidaya alga memengaruhi komposisi bahan organik alga, diketahui bahan organik alga terdiri dari beberapa senyawa organik dengan bentuk dan konsentrasi yang berbeda termasuk polisakarida, protein, peptida, asam amino, asam nukleat, lipid, dan berbagai zat organik lainnya (Martin Pivokonsky et al., 2014). AOM yang diekstraksi dari hasil kultur mikroalga terdiri dari bahan utama biopolimer (>50%) (seperti polisakarida dan protein), sedangkan fraksi sisanya terdiri zat organik refraktori (seperti zat mirip humat) dan molekul rendah asam berat dan senyawa netral (Villacorte et al., 2015). Konsentrasi bahan organik alga menurut pengamatan Khan et al., 2019 akan meningkat sesuai perkembangan mikroalga yang ditandai dengan respon jenuh dengan kondisi lingkungan, invasi oleh spesies lain atau karena pembusukan sel alga. Selain dapat merubah warna, bau dan rasa dalam air, bahan organik alga juga dapat menurunkan efisiensi kinerja adsorpsi, serta menurunkan efisiensi koagulasi (M. Pivokonsky et al., 2016). AOM juga diketahui dapat menyebabkan masalah operasional pada pengolahan air seperti peningkatan *Total Organic Carbon* (TOC), pelopor terbentuknya DBPs, dan lainnya (Li et al., 2012).

Pengolahan menggunakan *Oxidation Ditch Algae Reactor* (ODAR) merupakan pengolahan biologis yang memanfaatkan mikroalga untuk meremoval bahan organik yang ada di limbah. Pada kolam *oxidation ditch* terdapat *brush aerator* yang berguna mensirkulasi, *transfer* bahan organik, dan aerasi, dan dapat mengurangi terjadinya pengendapan di dasar kolam. Dari adanya pengolahan biologis tersebut *effluent* yang dihasilkan mengandung bahan organik yang disebut *Effluent Organic Matter* (EfOM). EfOM disebutkan terdiri dari senyawa refractory, substrat sisa yang dapat terurai, intermediate substrat, senyawa organik, dan *Soluble Microbial Product* (SMP). SMP merupakan senyawa organik yang dihasilkan pada proses metabolisme substrat (Jarusutthirak & Amy, 2007).

Meskipun bahan organik alga dengan berat molekul rendah dapat terurai secara alami, identifikasi karakteristik perlu dilakukan mengingat komposisi dan konsentrasi bahan organik alga yang berbeda tiap jenis, fase tumbuh, kondisi lingkungan, dan umur budidaya. Dengan menggunakan analisa UV<sub>254</sub>, peneliti melihat kandungan bahan organik alga berdasarkan rantai karbon aromatik. Rantai karbon aromatik digunakan karena sebagian besar bahan organik tersusun dari senyawa aromatik, seperti C ikatan rangkap (C=C), C=O, dan lainnya.

## **METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, sampel air diambil dari Rusunawa Penjaringan Sari 2 Pandugo, Surabaya dan menggunakan mikroalga *Chlorella sp.*. Sebelum penelitian utama, dilakukan *seeding* mikroalga dan aklimatisasi. *Seeding* dilakukan sampai memenuhi jumlah mikroalga yang dibutuhkan. Pertumbuhan mikroalga dapat dilihat secara visual dengan adanya perubahan warna menjadi hijau pekat dan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti cahaya dan nutrisi. Setelah mikroalga yang dibutuhkan tercukupi, dilakukan aklimatisasi untuk melihat batas maksimal yang dapat diterima mikroalga di lingkungan baru.

Aklimatisasi dilakukan dengan perbandingan mikroalga terhadap air limbah sebesar 1:1, dengan menambahkan 5 liter bibit ke dalam kontainer lalu menambahkan air limbah secara berkala selama 5 hari berturut-turut. Hasil aklimatisasi menunjukkan perubahan warna menjadi kecoklatan pada hari ke-5 yang menandakan mikroalga tidak dapat bertahan hidup lebih dari 5 hari.

Penelitian dilakukan menggunakan *oxidation ditch* dengan volume air limbah 250 liter. Selanjutnya disiapkan *brush aerator* pada kecepatan 60 rpm, dengan memvariasi kondisi aerasi yaitu dalam kondisi oksik dengan menyalakan *brush aerator* selama 24 jam dan kondisi oksik-anoksik dengan menyalakan *brush aerator* selama 7 jam (kondisi oksik) dan mematikan *brush aerator* selama 3 jam (kondisi anoksik). Variasi perbandingan volume limbah dan mikroalga yang digunakan 1:3 dengan rentang waktu penelitian selama 5 hari tiap variasi dan sampling dilakukan setiap hari. Untuk mengetahui kadar bahan organik aromatik yang terdapat di air limbah pada pengolahan variasi volume 1:3, penelitian ini menggunakan parameter  $UV_{254}$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

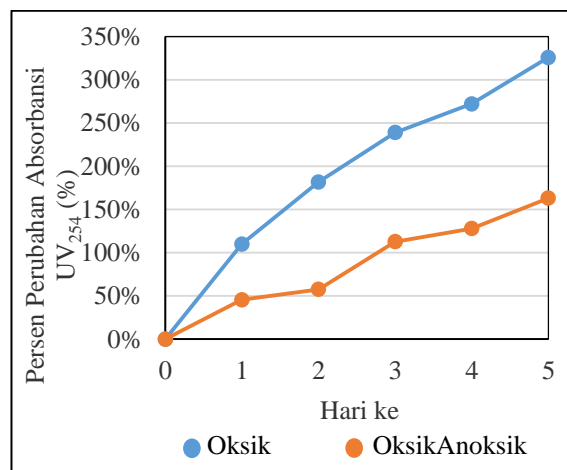
Spektrofotometer UV-Vis adalah alat yang digunakan untuk menentukan jenis ikatan rangkap yang terkonjugasi dari suatu senyawa organik, jenis kromosformya serta menganalisis suatu senyawa organik (Dachriyanus, 2004). Namun, pada metode uji UV-Vis hanya mampu membaca kuantitas bahan organik karbon terlarut yang bersifat aromatik atau karbon yang memiliki ikatan C rangkap ( $C=C$ ) dan sulit diinterpretasikan karena adanya puncak adsorpsi yang relatif sedikit namun memiliki banyak kemungkinan kromofor (Xing & Putz, 2010). Kelompok gugus fungsi aromatik dianggap sebagai indikator dari konsentrasi pembentuk DBPs pada air sampel.

Keberadaan oksigen dalam pengolahan *oxidation ditch* sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga, adanya *supply* oksigen secara kontinu (oksik) dan secara berselang atau terperiodik (oksik-anoksik) dapat menghasilkan bahan organik maupun nilai absorbansi  $UV_{254}$  yang berbeda. Bahan organik rantai aromatik dapat diketahui jelas pada panjang gelombang 254 nm dengan melakukan

uji Ultraviolet Absorbansi 254 (Han et al., 2018). Besarnya nilai absorbansi  $UV_{254}$  mengindikasikan rendahnya kandungan fraksi aromatik (Meng et al., 2016). Berikut tabel 1 menampilkan pengaruh perbandingan variasi limbah dan mikroalga terhadap persen kenaikan UV absorbansi 254 nm.

**Tabel -1:** Pengaruh Perbandingan Variasi 1:3 Terhadap Persen Kenaikan  $UV_{254}$

Volume Limbah : Mikroalga	Waktu Sampling	Nilai absorbansi UV 254 ( $cm^{-1}$ )	
		Keadaan Oksik	Keadaan Oksik-Anoksik
1:3	0	0,4355	0,4355
	1	0.9142	0.6335
	2	1.2266	0.6862
	3	1.4757	0.9265
	4	1.6203	0.992
	5	1.8545	1.1454



**Grafik -1:** Persen Perubahan Absorbansi  $UV_{254}$  Variasi 1:3 dalam Kondisi Oksik dan Oksik-Anoksik

Pengolahan biologi *Oxidation Ditch* ini dikombinasikan dengan mikroalga *Chlorella sp.* dalam kondisi aerasi secara oksik dan oksik-anoksik. Setelah dilakukan perlakuan terhadap variasi limbah dan alga di dapatkan hasil bahwa perubahan nilai absorbansi  $UV_{254}$  selama 5 hari terjadi perubahan kenaikan nilai  $UV_{254}$  yang menandakan semakin tingginya kandungan senyawa organik khususnya aromatik di air limbah. Pada variasi 1:3 dalam kondisi aerasi secara kontinu atau oksik, mengalami kenaikan adsorbansi UV paling

yaitu sebesar 325,83%, sedangkan pada kondisi intermitten atau oksik-anoksik pada variasi 1:3 hanya sebesar 163,01%. Nilai adsorbansi UV tertinggi berada pada kondisi oksik.

Kenaikan nilai adsorbansi  $UV_{254}$  kemungkinan disebabkan oleh adanya penambahan mikroalga *Chlorella sp.* yang menghasilkan *by-product* dari hasil pengolahan limbah berupa *Alga Organic Matter* (AOM). Adanya AOM dapat menjadi salah satu faktor peningkatan nilai  $UV_{254}$ , karena AOM terdiri dari *Extracellular Organic Matter* (EOM) dan *Intracellular Organic Matter* (IOM) yang mengandung senyawa organik seperti protein, peptide, gula amino dan polisakarida (Li et al., 2012). Senyawa-senyawa tersebut juga berpotensi tinggi membentuk DBPs. Selain itu, pada pengolahan air limbah terdapat senyawa hasil dari proses pengolahan biologi yaitu EfOM. Salah satu bentuknya adalah SMP yang dihasilkan dari pelepasan metabolisme substrat selama pertumbuhan biomassa (Jarusutthirak & Amy, 2007). Senyawa-senyawa tersebut mampu meningkatkan nilai  $UV_{254}$  karena mengandung senyawa aromatik.

Nilai absorbansi  $UV_{254}$  cenderung mengalami peningkatan pada kondisi oksik dibanding kondisi oksik-anoksik dalam variasi rasio 1:3, hal ini mengindikasikan dalam kondisi oksik, asupan oksigen sebagai salah satu faktor pertumbuhan mikroalga terpenuhi sehingga mikroalga dapat tumbuh dan memproduksi bahan organik lebih banyak, selain itu peningkatan nilai absorbansi  $UV_{254}$  selalu teridentifikasi pada hari ke-5, hal ini mengindikasikan pada hari ke-5 mikroalga dalam fase kematian atau *decline* yang menyebabkan adanya peningkatan nilai absorbansi  $UV_{254}$ .

## **KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa bahan organik aromatik dari pengolahan *Oxidation Ditch* dengan mikroalga *Chlorella sp* dalam kondisi aerasi secara oksik dan oksik-anoksik pada variasi air limbah dan mikroalga 1:3 mampu meningkatkan kandungan senyawa aromatik, dengan persen kenaikan bahan organik aromatik tertinggi diidentifikasi dalam kondisi oksik yaitu sebesar 325.83%.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini dibiayai oleh Kurita Water and Environment Foundation (KWEF) Jepang melalui Kurita Overseas Research Grant 2021 dengan Nomor Referensi : 20Pid012-T11.

## **DAFTAR PUSTAKA**

### **Jurnal**

- Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*.
- Han, X., Zuo, Y., Hu, Y., Zhang, J., Zhou, M., Chen, M., Tang, F., Lu, W., & Liu, A. (2018). Investigating the performance of three modified activated sludge processes treating municipal wastewater in organic pollutants removal and toxicity reduction. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148(November 2017), 729–737. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.042>
- Jarusutthirak, C., & Amy, G. (2007). Understanding soluble microbial products (SMP) as a component of effluent organic matter (EfOM). *Water Research*, 41(12), 2787–2793. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.005>
- Khan, S., Zamyadi, A., Rao, N. R. H., Li, X., Stuetz, R. M., & Henderson, R. K. (2019). Fluorescence spectroscopic characterisation of algal organic matter: Towards improved: In situ fluorometer development. *Environmental Science: Water Research and Technology*, 5(2), 417–432. <https://doi.org/10.1039/c8ew00731d>
- Kospa, H. S. D., & Rahmadi, R. (2019). Pengaruh Perilaku Masyarakat Terhadap Kualitas Air di Sungai Sekanak Kota Palembang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 212. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.212-221>
- Li, L., Gao, N., Deng, Y., Yao, J., & Zhang, K. (2012). Characterization of intracellular & extracellular algae organic matters (AOM) of *Microcystis aeruginosa* and formation of AOM-associated disinfection byproducts and odor & taste compounds. *Water Research*, 46(4), 1233–1240. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.12.026>

- Meng, Y., Wang, Y., Han, Q., Xue, N., Sun, Y., Gao, B., & Li, Q. (2016). Trihalomethane (THM) formation from synergic disinfection of biologically treated municipal wastewater: Effect of ultraviolet (UV) irradiation and titanium dioxide photocatalysis on dissolve organic matter fractions. *Chemical Engineering Journal*, 303, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.05.141>
- Pivokonsky, M., Naceradska, J., Kopecka, I., Baresova, M., Jefferson, B., Li, X., & Henderson, R. K. (2016). The impact of algogenic organic matter on water treatment plant operation and water quality: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46(4), 291–335. <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1087369>
- Pivokonsky, Martin, Safarikova, J., Baresova, M., Pivokonska, L., & Kopecka, I. (2014). A comparison of the character of algal extracellular versus cellular organic matter produced by cyanobacterium, diatom and green alga. *Water Research*, 51, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.12.022>
- Rehman, Z. U., Jeong, S., Tabatabai, S., Emwas, A. H., & Leiknes, T. (2017). Advanced characterization of dissolved organic matter released by bloom-forming marine algae. *Desalination and Water Treatment*, 69(May 2016), 1–11. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.0444>
- Villacorte, L. O., Ekowati, Y., Neu, T. R., Kleijn, J. M., Winters, H., Amy, G., Schippers, J. C., & Kennedy, M. D. (2015a). Characterisation of algal organic matter produced by bloom-forming marine and freshwater algae. *Water Research*, 73, 216–230. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.01.028>
- Xing, Y., & Putz, G. (2010). Characterization of dissolved organic carbon in water using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*, 1, 731–740.