



## Efektifitas Penambahan Tanah Diatom sebagai Koagulan Tambahan untuk Menyisihkan Kekeruhan pada Air Terkontaminasi Alga

Dion Awfa<sup>1,2</sup>, Yuniati<sup>3</sup>, Wisnu Prayogo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sumatera

<sup>2</sup>Pusat Riset dan Inovasi Lingkungan Hidup dan Sanitasi, Institut Teknologi Sumatera

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

<sup>4</sup>Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Medan

E-mail : dion.awfa@tl.itera.ac.id

### Abstract

The presence of algae in raw water could be potentially affected the water treatment processes by increasing the dosage of chemical coagulant. It will give severe effect for the public health and the environment. Therefore, the aim of this study is to develop the alternative technique for the removal of turbidity in the water that contaminated by algae. Diatomaceous earth as a coagulant aid has been used to remove the turbidity from algae contaminated water. The result shown that the best scenario for diatomaceous earth as a coagulant aid is as a post treatment after the addition of aluminum sulphate as a main coagulant, with the highest removal efficiency of turbidity is around 94%. In addition, the presence of diatomaceous earth could reduce the aluminum sulphate dosage around 25%. It indicates that the diatomaceous earth has a potential application to increase the efficiency for the removal of turbidity in coagulation-flocculation processes by the presence of particle bridging mechanisms, which could increase the rate of floc formation. This study illustrate the potential application of diatomaceous earth as a natural coagulant aid for coagulation-flocculation processes in water.

**Keywords:** Algae, Coagulation, Coagulant Aid, Diatomaceous Earth, Aluminum Sulphate

### Abstrak

*Hadirnya alga pada air baku air minum berpotensi menimbulkan permasalahan pada instalasi pengolahan air minum (IPAM) berpotensi mengakibatkan penggunaan dosis koagulan kimia yang semakin meningkat. Hal ini berdampak negatif bagi kesehatan manusia serta lingkungan. Oleh karena itu, pada studi ini dilakukan pendekatan alternatif untuk mengolah kekeruhan pada air baku yang terkontaminasi alga. Teknik koagulasi menggunakan koagulan tambahan tanah diatom digunakan untuk menjaga efektifitas penyisihan kekeruhan pada air baku yang terkontaminasi alga. Hasil eksperimen menunjukkan performa pembubuhan tanah diatom paling baik adalah setelah pemberian aluminium sulfat sebagai koagulan utama, dengan efisiensi penyisihan kekeruhan paling tinggi sekitar 94%. Lebih lanjut, tanah diatom berpotensi mereduksi penggunaan aluminium sulfat sebesar 25%. Tanah diatom berpotensi membantu meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan pada proses koagulasi-flokulasi melalui mekanisme particle bridging untuk mempercepat pembentukan flok-flok yang lebih besar agar dapat lebih mudah diendapkan. Studi ini menunjukkan bahwa tanah diatom memiliki potensi yang dapat dikembangkan sebagai alternatif koagulan tambahan yang alami dalam proses koagulasi-flokulasi air.*

**Kata Kunci:** Alga, Koagulasi, Koagulan Tambahan, Tanah Diatom, Aluminium Sulfat

## PENDAHULUAN

Peningkatan akan kebutuhan air dengan kualitas yang memenuhi standar air minum menjadi salah satu permasalahan yang sangat penting. Seiring berjalannya waktu, aktivitas manusia cenderung mengakibatkan kualitas badan air semakin menurun saat ini. Salah satu permasalahan yang sangat mendesak yaitu kontaminasi badan air oleh alga (Arimoro, Olisa, Keke, Ayanwale, & Chukwuemeka, 2018). Kandungan nutrien berlebih yang terbawa menuju badan air menyebabkan eutrofikasi dan ledakan pertumbuhan alga. Oleh karena itu, sebelum digunakan sebagai air minum, air baku yang terkontaminasi oleh alga ini haruslah diolah terlebih dahulu.

Sebagai salah satu upaya pemenuhan kualitas air minum, sumber air baku (air sungai, danau, dan waduk) haruslah terlebih dahulu diolah pada instalasi pengolahan air minum (IPAM) sebelum didistribusikan kepada masyarakat. Namun hadirnya alga pada sumber air baku yang akan diolah akan mengakibatkan berbagai masalah pada instalasi pengolahan air minum seperti *clogging* proses filtrasi yang semakin cepat, air yang berbau, serta potensi pembentukan senyawa toksin (Kwon, Kwon, & Jo, 2014). Oleh karena itu, berbagai teknologi dikembangkan untuk menyisihkan alga di dalam air telah dikembangkan seperti teknologi berbasis filtrasi, koagulasi-flokulasi, klorinasi, dan oksidasi (Lin, Nugrayanti, Ika, & Karang, 2021; Qi et al., 2021; Xiang et al., 2021). Dari berbagai teknologi yang ada, teknologi berbasis koagulasi-flokulasi dianggap menjadi salah satu alternatif teknologi yang efektif dalam penyisihan alga dan kekeruhan di air baku, biaya yang relatif murah, mudah dalam pemanfaatannya, serta hampir semua IPAM memiliki rangkaian teknologi koagulasi-flokulasi (Zheng et al., 2013). Namun dalam pemanfaatan proses koagulasi-flokulasi, perlu diperhatikan pemilihan koagulan yang akan digunakan serta penggunaan dosis koagulan yang optimum agar proses dapat berjalan dengan baik.

Dari berbagai jenis koagulan yang ada, aluminium sulfat umumnya sering digunakan sebagai koagulan dikarenakan harganya yang relatif murah serta prosedur penanganan yang tidak terlalu rumit. Namun, hadirnya alga di air baku mengakibatkan peningkatan dalam penggunaan konsumsi aluminium sulfat yang berpotensi memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia (Hoko & Makado, 2011). Oleh karena itu, penambahan koagulan tambahan (*coagulant aid*) dianggap mampu mengurangi penggunaan dosis koagulan untuk mengolah kekeruhan pada air baku yang terkontaminasi oleh alga. Penambahan koagulan tambahan ini berpotensi membantu meningkatkan pembentukan flok melalui mekanisme *particle bridging* (Zhang et al., 2015). Sebagai alternatif koagulan tambahan, tanah diatom (*diatomaceous earth*) menunjukkan performa yang baik dalam proses pengolahan air, namun aplikasinya untuk pengolahan air yang terkontaminasi alga masih relatif terbatas (Jingshen & Quanjun, 2020). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengujian efektifitas tanah diatom sebagai koagulan tambahan dan aluminium sulfat sebagai koagulan utama untuk menyisihkan kekeruhan di air yang terkontaminasi alga. Lebih lanjut, akan dilakukan variasi dosis aluminium sulfat-tanah diatom dan variasi posisi pembubuhan tanah diatom (sebelum dan setelah pembubuhan aluminium sulfat) untuk menentukan kondisi pengolahan yang paling optimum.

## METODE PENELITIAN

### Persiapan Sampel Air

Sampel air baku digunakan diambil dari air PDAM Tirtawening Bandung, dari bak penampungan awal. Pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampling* dengan

menggunakan jirigen *polyethylene* 20 L sebanyak 2 buah dan sampel diawetkan pada suhu  $\pm 4$  °C. Karakteristik sampel air baku dianalisa untuk parameter pH dengan menggunakan pH meter, kekeruhan dengan menggunakan metode turbidimeter, klorofil a dengan menggunakan metode ekstraksi-spektrofotometri, dan zeta potensial.

### Preparasi Tanah Diatom

Tanah diatom yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Kecamatan Dharma, Kabupaten Kuningan. Tanah diatom yang digunakan adalah tanah diatom yang lolos saringan berukuran 200 mesh. Sebelum digunakan, tanah diatom terlebih dahulu dibilas dengan aquadest dan dioven pada suhu 105 °C. Tanah diatom yang telah kering kemudian disimpan di desikator sebelum digunakan. *Energy Dispersive X-Ray* (EDS) digunakan untuk menganalisa elemen penyusun dari tanah diatom yang digunakan distudi ini.

### Eksperimen Koagulasi-Flokulasi

Tahap awal penelitian adalah penentuan dosis optimum dari aluminium sulfat dalam proses koagulasi-flokulasi untuk menyisihkan kekeruhan pada air baku dengan menggunakan metode *jar test*. Variasi dosis aluminium sulfat yang digunakan pada studi ini adalah direntang 20-100 mg/L dengan pH sekitar 7,5. pH 7,5 dipilih dikarenakan aluminium sulfat bekerja paling efektif direntang pH netral. Hasil optimalisasi menggunakan koagulan aluminium sulfat ini dijadikan kontrol. Lebih lanjut, dalam eksperimen pengujian tanah diatom dilakukan variasi dosis aluminium sulfat terhadap dosis tanah diatom (Tabel 1), serta pembubuhan tanah diatom setelah (variasi A) dan sebelum koagulan aluminium sulfat (variasi B). Hasil *jar test* kemudian didiamkan selama 30 menit terlebih dahulu untuk proses pengendapan. Supernatan yang berada dipermukaan kemudian dianalisa lebih lanjut untuk parameter kekeruhan dan zeta potensial.

Tabel 1. Matriks variasi dosis aluminium sulfat dan tanah diatom

Dosis Aluminium Sulfat	Dosis Tanah Diatom (mg/L)
100% dari dosis alum optimum pada percobaan kontrol	10
	20
	30
	40
	50
	60
75% dari dosis alum optimum pada percobaan kontrol	10
	20
	30
	40
	50
	60
50% dari dosis alum optimum pada percobaan kontrol	10
	20
	30
	40
	50
	60

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Air Baku

Karakteristik air baku yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil karakteristik air baku menunjukkan bahwa untuk parameter kekeruhan berada diatas baku mutu yang diatur dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010 yaitu 5 NTU. Hadirnya kekeruhan pada sampel air ini umumnya disebabkan oleh zat-zat tersuspensi seperti sedimen maupun koloid yang terbada di badan air, yang dalam hal ini sumber air baku berasal dari air sungai. Nilai pH dari sampel air yang digunakan masih berada direntang yang diatur dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010 yaitu 6,5-8,5. Lebih lanjut, nilai kandungan klorofil a yang terdapat dalam air baku menunjukkan hadirnya alga pada sampel air yang akan diolah (Suresh Kumar et al., 2014). Kehadiran alga di air baku secara umum dapat mengganggu proses pengolahan air. Analisa zeta potensial dari sampel air menunjukkan nilai -14,24, yang mana hal ini mengindikasikan bahwa sampel air tersebut umumnya memiliki partikel tersuspensi bermuatan negatif sehingga koagulan yang digunakan sebaiknya memiliki muatan yang berlawanan (positif) agar proses destabilisasi koloid dapat berlangsung dengan baik.

Tabel 2. Karakteristik air baku

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	7,0-8,0
2	Kekeruhan	NTU	21,7
3	Kandungan Klorofil a	µgr klorofil/mL media	1,0937
4	Zeta Potensial	mV	-14,24

### Karakteristik Tanah Diatom

Sebelum digunakan sebagai koagulan tambahan, tanah diatom dianalisa terlebih dahulu dengan menggunakan metode EDX untuk mengetahui elemen utama penyusunnya. Berdasarkan hasil EDX (Tabel 3), tanah diatom yang digunakan memiliki elemen penyusun utama berupa Si dengan komposisi oksida dominan adalah SiO<sub>2</sub>. Kandungan silika pada tanah diatom ini berasal dari pelapukan fosil alga kelas *diatomacea* atau *bacilliarophyta*, yang menurut mana komposisi utama penyusun cangkang dari alga kelas ini adalah silika (85%-95%) (Mejía, Mejía De Gutiérrez, & Montes, 2016).

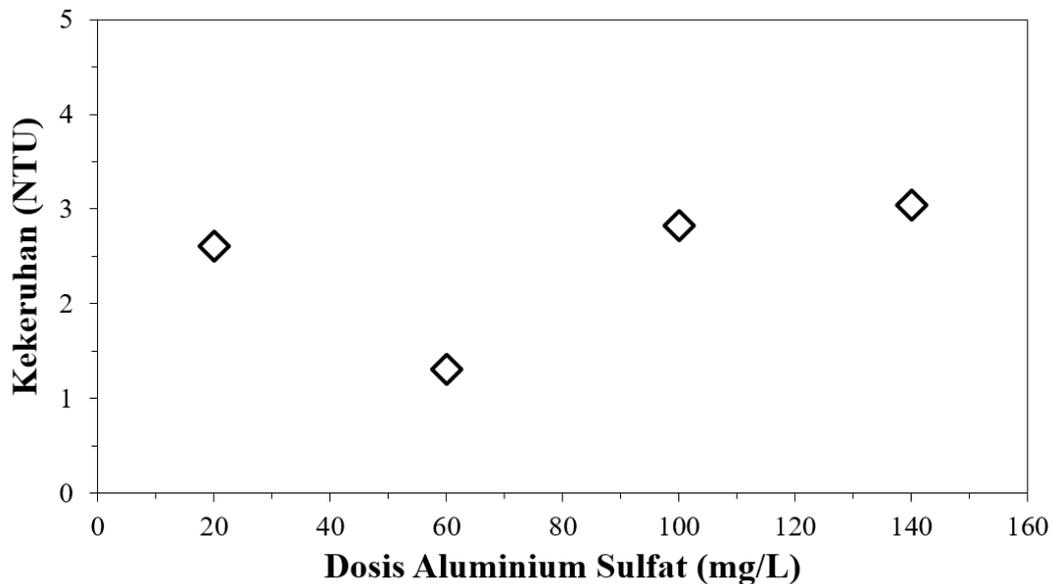
Tabel 3. Karakteristik EDX tanah diatom

No	Komposisi Unsur	Persentase (%)	Komposisi Oksida	Persentase (%)
1	C	10,78	C	10,78
2	O	44	-	-
3	Al	19,45	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,75
4	Si	22,14	SiO <sub>2</sub>	47,36
5	Ti	1,15	TiO <sub>2</sub>	1,92
6	Fe	2,48	FeO	3,19

### Efektifitas Koagulasi-Flokulasi Tanah Diatom

Untuk mencapai hasil yang paling optimum dalam proses koagulasi-flokulasi, maka perlu dilakukan penentuan dosis optimum pengolahan. Hasi pengujian *jar test* untuk menentukan dosis optimum dari penggunaan aluminium sulfat untuk menyisihkan air

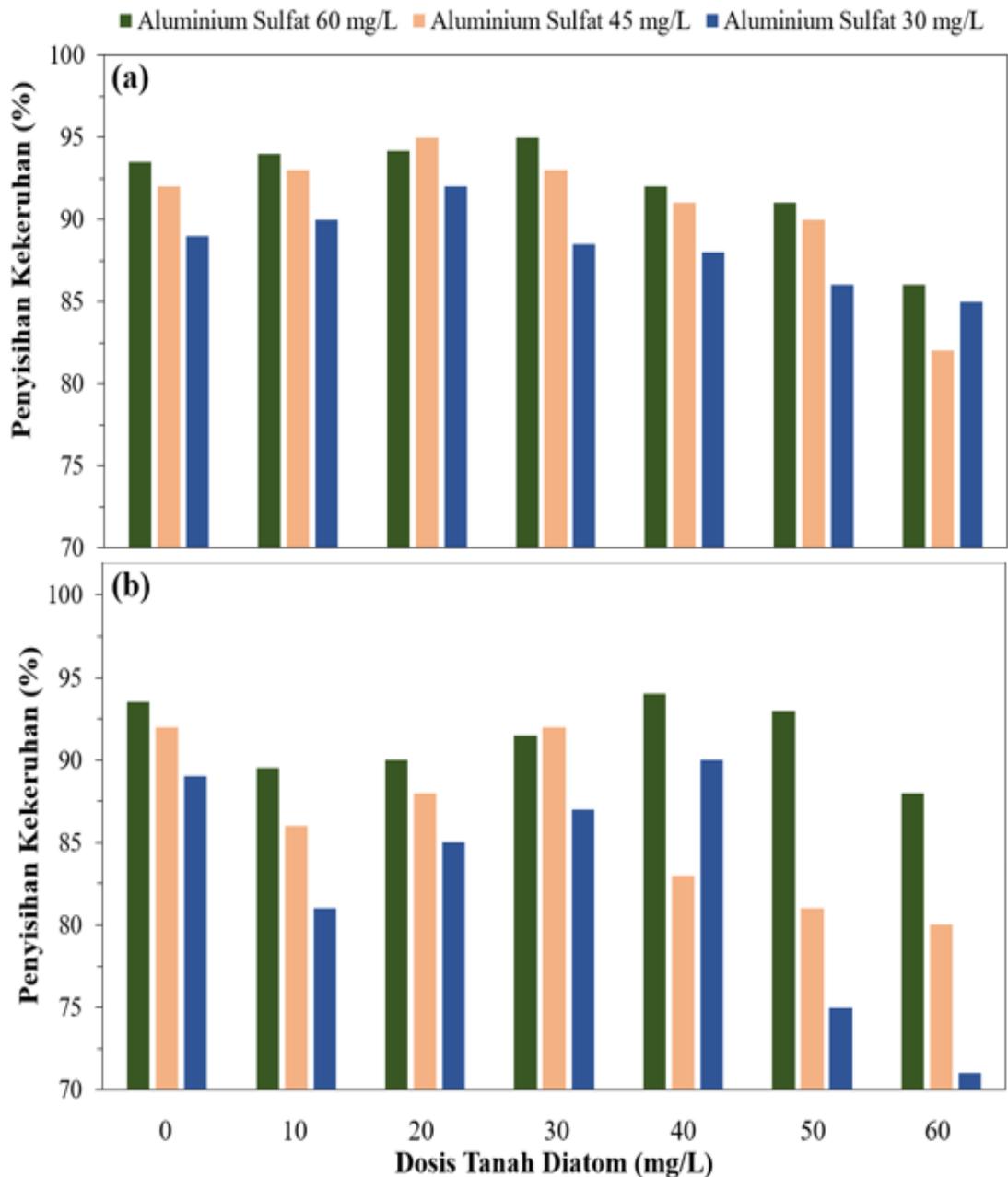
yang terkontaminasi oleh alga dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa dosis optimum aluminium sulfat adalah sekitar 60 mg/L. Penggunaan dosis aluminium sulfat dalam jumlah besar cenderung berpotensi memberikan dampak negatif diantaranya adalah mengganggu kesehatan manusia serta berpotensi meningkatkan produksi lumpur (Hoko & Makado, 2011). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengurangan dosis aluminium sulfat dengan tetap memperhatikan efektifitas penyisihan untuk menurunkan kandungan kekeruhan pada air yang mengandung alga.



Gambar 1. Penentuan dosis optimum aluminium sulfat untuk menyisihkan kekeruhan pada pH 7,5

Sebagai upaya meminimalisir dampak negatif dari penggunaan aluminium sulfat yang berlebih, maka tanah diatom dimanfaatkan sebagai koagulan tambahan dengan hasil efisiensi penyisihan terhadap kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 2. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa penambahan tanah diatom cenderung menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan paling baik ketika dibubuhkan setelah pemberian aluminium sulfat (Variasi A), di mana efisiensi penyisihannya terhadap kekeruhan > 80%. Sedangkan pada Variasi B, terdapat beberapa jenis variasi yang hanya mampu menyisihkan kekeruhan < 80%. Oleh karena itu, posisi pembubuhan dari koagulan tambahan menjadi sangat penting untuk diperhatikan agar tetap menjaga efektifitas penyisihan kekeruhan.

Lebih lanjut, Gambar 2 juga menunjukkan bahwa kondisi dengan efisiensi penyisihan yang paling tinggi adalah ketika dosis aluminium sulfat yang digunakan adalah 45 mg/L dengan dikombinasikan tanah diatom 20 mg/L. Kombinasi ini mampu menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan sekitar 94% serta reduksi penggunaan aluminium sulfat sebesar 25%. Hal ini menunjukkan potensi pemanfaatan tanah diatom sebagai alternatif koagulan tambahan alamiah yang mampu mensubstitusi penggunaan aluminium sulfat sebagai koagulan utama dengan tetap menjaga performa efisiensi penyisihannya. Studi terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan mineral silika (mineral dominan pada tanah diatom) mampu meningkatkan efisiensi proses koagulasi-flokulasi, di mana hal ini disebabkan oleh gugus fungsi silanol pada silika merupakan suatu gugus fungsi aktif yang dapat bereaksi dengan senyawa organik serta mendestabilisasikannya (Zhao, Huang, Fu, & Wang, 2014). Lebih lanjut, besarnya luas area permukaan dari tanah diatom mampu membantu proses adsorpsi agar kontaminan ataupun flok-flok kecil yang terbentuk dapat berkumpul (*particle bridging*) untuk membentuk flok lebih besar yang dapat mengendap dengan lebih cepat.



Gambar 2. Pengaruh kombinasi variasi dosis aluminium sulfat dan tanah diatom pada (a) Variasi A (pembubuhan tanah diatom setelah aluminium sulfat dan (b) Variasi B (pembubuhan tanah diatom sebelum aluminium sulfat terhadap persen penyisihan kekeruhan.

### Mekanisme Tanah Diatom sebagai Koagulan Tambahan

Untuk mengetahui fenomena yang berlangsung selama proses koagulasi-flokulasi, dilakukanlah analisa zeta potensial dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4. Kondisi air baku umum didominasi oleh koloid bermuatan negatif, di mana koagulan yang digunakan pada penelitian ini adalah koagulan yang bermuatan positif (aluminium sulfat dan tanah diatom). Hal ini dapat dilihat berdasarkan analisa zeta potensial, ketika aluminium sulfat ataupun tanah diatom dibubuhkan ke dalam air baku, maka nilai zeta potensial cenderung mengalami perubahan mendekati nilai 0. Perubahan zeta potensial yang tidak terlalu besar pada pembubuhan tanah diatom mengindikasikan bahwa mekanisme utama pada pemanfaatan tanah diatom sebagai koagulan tambahan bukanlah proses destabilisasi koloid seperti yang terjadi pada koagulan aluminium sulfat.

Tabel 4. Nilai zeta potensial

No	Variasi Sampel	pH Awal	pH Akhir	Zeta Potensial
1	Air Baku	7,57	7,57	-14,24
2	Air Baku + Aluminium Sulfat		6,45	-6,11
3	Air Baku + Tanah Diatom		7,64	-12,38
4	Air Baku + Aluminium Sulfat + Pengadukan Cepat + Tanah Diatom + Pengadukan Lambat (Variasi A)		6,52	-0,63
5	Air Baku + Tanah Diatom + Pengadukan Cepat + Alum + Pengadukan Cepat + Pengadukan Lambat (Variasi B)		6,11	-1,81

Lebih lanjut, analisa zeta potensial juga menunjukkan bahwa pada Variasi A menunjukkan nilai zeta potensial yang semakin mendekati 0 (isoelektrik). Pada kondisi isoelektrik ini, flok-flok yang terbentuk akan semakin mudah untuk mengendap dan tersisihkan. Hal inilah yang menjadi dasar kenapa urutan penambahan koagulan tanah diatom terbaik adalah setelah pembubuhan koagulan utama aluminium sulfat. Secara proses, fenomena yang terjadi ketika aluminium sulfat dibubuhkan ke dalam air maka akan berlangsung proses destabilisasi koloid sehingga koloid yang awalnya saling tolak-menolak akan berubah menjadi saling tarik-menarik akibat koagulan aluminium sulfat yang memiliki muatan positif. Lebih lanjut, kemampuan elektrostatis tanah diatom sebagai koagulan tambahan berperan sebagai *particle bridging* untuk mempercepat pembentukan flok dan membantu membentuk flok yang berukuran lebih besar agar dapat lebih mudah diendapkan (Zhao et al., 2014). Flok-flok yang lebih besar ini akan mempercepat proses presipitasi pada tahapan sedimentasi nantinya.

## PENUTUP

Penambahan tanah diatom sebagai koagulan tambahan memberikan dampak positif berupa peningkatan penyisihan terhadap kekeruhan, serta mereduksi penggunaan aluminium sulfat sebagai koagulan utama meskipun di dalam air baku mengandung alga. Selain penentuan penggunaan dosis yang optimum, pembubuhan tanah diatom sebagai koagulan tambahan harus sangat diperhatikan, di mana berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pembubuhan tanah diatom sebaiknya dilakukan setelah pemberian koagulan aluminium sulfat. Penelitian ini menunjukkan potensi pemanfaatan tanah diatom sebagai koagulan alamiah yang dapat dimanfaatkan untuk proses pengolahan air. Kedepannya perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap pengolahan air dengan kandungan alga yang lebih bervariasi untuk melihat peluang pemanfaatan tanah diatom secara komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

Arimoro, F. O., Olisa, H. E., Keke, U. N., Ayanwale, A. V., & Chukwuemeka, V. I. (2018). Exploring spatio-temporal patterns of plankton diversity and community

- structure as correlates of water quality in a tropical stream. *Acta Ecologica Sinica*, 38(3), 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2017.10.002>
- Hoko, Z., & Makado, P. K. (2011). Optimization of algal removal process at Morton Jaffray water works, Harare, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36(14–15), 1141–1150. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.074>
- Jingshen, D., & Qunjun, L. (2020). Research on the coagulant aid effects of modified diatomite on coal microbial flocculation. *Water Science and Technology*, 80(10), 1893–1901. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.009>
- Kwon, D. Y., Kwon, J. H., & Jo, G. J. (2014). Removal of algae and turbidity by floating-media and sand filtration. *Desalination and Water Treatment*, 52(4–6), 1007–1013. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.826320>
- Lin, J. L., Nugrayanti, M. S., Ika, A. R., & Karangan, A. (2021). Removal of *Microcystis Aeruginosa* by oxidation-assisted coagulation: Effect of algogenic organic matter fraction changes on algae destabilization with Al hydrates. *Journal of Water Process Engineering*, 42(March), 102142. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102142>
- Mejía, J. M., Mejía De Gutiérrez, R., & Montes, C. (2016). Rice husk ash and spent diatomaceous earth as a source of silica to fabricate a geopolymeric binary binder. *Journal of Cleaner Production*, 118, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.057>
- Qi, J., Ma, B., Miao, S., Liu, R., Hu, C., & Qu, J. (2021). Pre-oxidation enhanced cyanobacteria removal in drinking water treatment: A review. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 110, 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.03.040>
- Suresh Kumar, K., Dahms, H. U., Lee, J. S., Kim, H. C., Lee, W. C., & Shin, K. H. (2014). Algal photosynthetic responses to toxic metals and herbicides assessed by chlorophyll a fluorescence. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 104(1), 51–71. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.01.042>
- Xiang, S., Han, Y., Jiang, C., Li, M., Wei, L., Fu, J., & Zhu, L. (2021). Composite biologically active filter (BAF) with zeolite, granular activated carbon, and suspended biological carrier for treating algae-laden raw water. *Journal of Water Process Engineering*, 42(July), 102188. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102188>
- Zhang, B., Jiang, D., Guo, X., He, Y., Ong, C. N., Xu, Y., & Pal, A. (2015). Removal of *Microcystis aeruginosa* using nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> particles as a coagulant aid. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(23), 18731–18740. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5053-y>
- Zhao, S., Huang, G., Fu, H., & Wang, Y. (2014). Enhanced Coagulation/Flocculation by Combining Diatomite with Synthetic Polymers for Oily Wastewater Treatment. *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, 49(7), 999–1007. <https://doi.org/10.1080/01496395.2013.877035>
- Zheng, H., Jiang, Z., Zhu, J., Tan, M., Feng, L., Liu, L., & Chen, W. (2013). Study on structural characterization and algae-removing efficiency of polymeric aluminum ferric sulfate (PAFS). *Desalination and Water Treatment*, 51(28–30), 5674–5681. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.758060>