

PENYISIHAN KANDUNGAN BAHAN ORGANIK ALAMI PADA AIR BAKU UNTUK PRODUKSI AIR MINUM DENGAN KOMBINASI *PRE*-OKSIDASI DAN KOAGULASI

Muhammad Firdaus Kamal, Euis Nurul Hidayah

*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Jawa Timur*

Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294, Indonesia

Email: muh.firdauskamal@gmail.com

ABSTRAK

Kehadiran NOM menurunkan kualitas air baku untuk air minum dengan mengubah sifat organoleptik, mengganggu sistem pengendapan dan meningkatkan penggunaan koagulan, menyebabkan penyumbatan pada saringan dan distribusi air minum. Komponen NOM, seperti *humic acids* (HA) dan *fulvic acids* (FA) yang bereaksi dengan logam berat menyebabkan terbentuknya senyawa toksik dan berkontribusi terhadap pembentukan *disinfection by products* (DBPs) yang menyebabkan potensi adanya senyawa karsinogenik dalam pengolahan air minum secara konvensional. Salah satu metode penyisihan bahan organik dalam air adalah dengan peningkatan proses koagulasi, dengan *pretreatment* sebelum proses koagulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *pre*-oksidasi dan koagulasi terhadap penyisihan bahan organik pada air Kali Jagir yang digunakan untuk produksi air minum. Berdasarkan hasil analisis, konsentrasi TOC pada air baku sebesar 11,67 mg/liter dan nilai UV absorbansi 254 nm sebesar $0,10895 \text{ cm}^{-1}$, sehingga diperoleh nilai SUVA sebesar $0,934 \text{ L/mg/cm}$, sehingga diketahui karakteristik pada air Kali Surabaya yang cenderung hidrofilik dengan berat molekul rendah dan kebanyakan bukan humik yang mengindikasikan bahwa air tersebut dihasilkan dari kegiatan domestik dan industri. Pada kombinasi *pre*-oksidasi dan koagulasi, CaOCl_2 dengan dosis 25 mg/liter mampu menurunkan TOC dari 11,67 mg/liter menjadi 9,11 mg/liter, sedangkan permanganat dengan dosis 0,8 mg/liter hanya mampu menurunkan TOC dari 11,67 mg/liter menjadi 11,25 mg/liter. Kombinasi *pre*-oksidasi dan koagulasi mampu menurunkan bahan organik aromatik, ditunjukkan dengan nilai absorbansi UV_{210} air baku yaitu $1,4983 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $1,2720 \text{ cm}^{-1}$ dengan *pre*-oksidasi KMnO_4 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan $1,3152 \text{ cm}^{-1}$ pada *pre*-oksidasi CaOCl_2 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Kata kunci: *bahan organik alami, koagulasi, pre-oksidasi.*

ABSTRACT

The presence of NOM reduces air quality for drinking water with changes in organoleptic properties, deposition systems and increased use of coagulants, blockages in filters and distribution of drinking water. NOM components, such as humic acid (HA) and fulvic acid (FA) which are printed with heavy metals cause the formation of toxic compounds and contribute to product disinfection (DBPs) which produce potential carcinogenic compounds in conventional drinking water treatment. One method of removing organic matter in water is

by increasing the coagulation process, with pretreatment before the coagulation process. The purpose of this study was to determine the effect of pre-oxidation and coagulation on the removal of organic material in Kali Jagir water used for the production of drinking water. Based on the results of the analysis, TOC concentration in raw water is 11.67 mg/liter and UV absorbance value 254 nm is 0.10895 cm^{-1} , so that the SUVA value is 0.934 L/mg/cm , so it is known the characteristics of the Surabaya River water which tend to be hydrophilic with low molecular weight and most not humic which indicates that the water is produced from domestic and industrial activities. In a combination of preoxidation and coagulation, CaOCl_2 with a dose of 25 mg/liter was able to reduce TOC from 11.67 mg/liter to 9.11 mg/liter, while permanganate at a dose of 0.8 mg/liter was only able to reduce TOC from 11,67 mg/liter to 11.25 mg/liter. The combination of preoxidation and coagulation is able to reduce aromatic organic matter, indicated by the absorbance value of UV_{210} of raw water, namely 1.4983 cm^{-1} to 1.2720 cm^{-1} with the KMnO_4 -coagulant $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ and 1.3152 cm^{-1} preoxidation in preoxidation CaOCl_2 -coagulant $(\text{SO}_4)_3$.

Keywords: natural organic matter, coagulation, pre-oxidation.

1. PENDAHULUAN

Bahan organik alami (*natural organic matter*) adalah campuran heterogen dari senyawa organik alami yang ditemukan berlimpah di perairan alami dan berasal dari tanaman hidup dan mati, hewan dan mikroorganisme, dan produk degradasi dari berbagai sumber (Baghoth, 2012). *Natural Organic Matter* (NOM) dalam ekosistem perairan dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, yaitu sumber eksternal (*allochthonous*), dan sumber internal (*autochthonous*) (Matilainen *et al.*, 2007).

NOM juga dapat diklasifikasikan menjadi fraksi humus dan non humus. Fraksi humus lebih bersifat hidrofobik yang terdiri dari asam humat dan fulvat, sedangkan fraksi non humus memiliki sifat hidrofilik, dan terdiri dari asam hidrofilik, protein, asam amino, dan karbohidrat (Matilainen *et al.*, 2007). Kandungan bahan organik alami di air, spesifikasi, dan degradasi, bergantung pada musim, cuaca, aktivitas mikroorganisme, aktivitas manusia, dan status eutrofikasi sumber air (Lamsal *et al.*, 2011; Zazouli *et al.*, 2007; Matilainen *et al.*, 2011). Kehadiran NOM menurunkan kualitas air baku untuk air minum dengan mengubah sifat organoleptik, mengganggu sistem pengendapan dan meningkatkan penggunaan koagulan, menyebabkan penyumbatan pada saringan dan distribusi air minum (Knappe *et al.*, 2004).

Komponen NOM, seperti *humic acids* (HA) dan *fulvic acids* (FA) yang bereaksi dengan logam berat menyebabkan terbentuknya senyawa toksik (Sillanpää *et al.*, 2018). NOM berkontribusi terhadap pembentukan *disinfection by products* (DBPs) (Golea *et al.*, 2017; Goslan *et al.*, 2017), yang menyebabkan potensi adanya senyawa karsinogenik dalam pengolahan air minum secara konvensional (melibatkan klorinasi), termasuk *aliphatic halogenated trihalomethanes* (THMs), *haloacetic acids* (HAAs), *haloacetonitriles* (HANs), *haloketones* dan *trichloronitromethane* (Bond *et al.*, 2012; Serrano *et al.*, 2015).

Salah satu metode penyisihan bahan organik dalam air adalah dengan peningkatan proses koagulasi (Matilainen, 2007), dengan *pretreatment* sebelum proses koagulasi (Ma & Liu, 2002). Menurut Hidayah (2017), dalam proses pengolahan air minum konvensional, *pre*-oksidasi dengan klorin sebelum koagulasi dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja proses pengolahan air minum. Alternatif *pre*-oksidan, seperti ozon, ClO_2 , dan KMnO_4 dapat digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *pre*-oksidasi dan koagulasi terhadap penyisihan bahan organik pada air Kali Jagir yang digunakan untuk produksi air minum.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Karakteristik Air Baku

Pada penelitian ini, air sampel yang digunakan berasal dari Kali Jagir, berlokasi di dekat intake PDAM Ngagel Surabaya yang digunakan sebagai air baku untuk produksi air minum. *Pre*-oksidasi dilakukan dengan menggunakan jarrest. Pertama, *pre*-oksidasi ditambahkan ke dalam *beaker glass* yang diisi air sampel, direaksikan pada waktu kontak 60 menit dengan pengadukan lambat 35 rpm, larutan KMnO_4 atau CaOCl_2 ditambahkan sebagai *pre*-oksidan, dengan variasi dosis 0,1-1,6 mg/L untuk KMnO_4 dan variasi dosis 5-30 mg/L untuk CaOCl_2 . Kedua, alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) ditambahkan dengan dosis 35 mg/L. Proses koagulasi dengan alum direaksikan dengan pengadukan cepat 120 rpm selama 3 menit, diikuti dengan pengadukan lambat 35 rpm selama 15 menit, dan pengendapan selama 30 menit. Supernatant dikumpulkan dan disaring melalui kertas saring 0,45 μm sebelum analisis lebih lanjut.

Sampel dianalisis dengan parameter kekeruhan menggunakan turbidimeter, TOC menggunakan *TOC analyzer* (SNI 06-6989.28-2005), UV_{210} diukur menggunakan UV-Vis spektrofotometer (HP 8452A Diode Array Spectrophotometer).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Pavita, *et al.* (2014), air Kali di Surabaya yang berada di Kecamatan Wonokromo digunakan untuk keperluan higiene sanitasi masyarakat, seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu air tersebut juga digunakan sebagai air baku untuk air minum. Pada tabel 1 menunjukkan karakteristik Air Kali Jagir Surabaya yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Karakteristik kualitas air Kali Jagir

Parameter	Unit	Kali Jagir
pH	–	7
Kekeruhan	(NTU)	37,84
Total Organic Carbon	(mg/L)	11,67
UV_{210}	(cm^{-1})	1,4983
UV_{254}	(cm^{-1})	0,10895

Kualitas bahan organik karbon pada Kali Jagir ditunjukkan dengan TOC 11,67 mg/liter. Hal ini didukung oleh Effendi (2003), pada perairan alami nilai TOC biasanya berkisar 1-30 mg/liter, pada air tanah nilai TOC biasanya lebih kecil, yaitu ± 2 mg/liter dan nilai TOC perairan yang telah menerima limbah, baik domestik maupun industri, atau perairan pada daerah berawa-rawa (*swamp*) dapat lebih dari 10-100 mg/liter.

Pengukuran NOM pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode ^{13}C -NMR, tetapi metode ini memerlukan instrumentasi yang mahal dan canggih serta persiapan sampel yang signifikan (Baghoth, 2012). Menurut Weishaar, *et al.* (2003) *Specific ultraviolet absorbance* (SUVA) merupakan parameter yang dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan TOC aromatik dengan menggunakan absorbansi UV pada panjang gelombang 254 nm. SUVA adalah parameter terhitung yang ditemukan dengan membagi nilai UV absorbansi 254 nm pada air sampel (dalam cm^{-1}) dengan *Total Organic Carbon* (dalam mg/l), dan kemudian dikalikan dengan 100 (Baghoth, 2012).

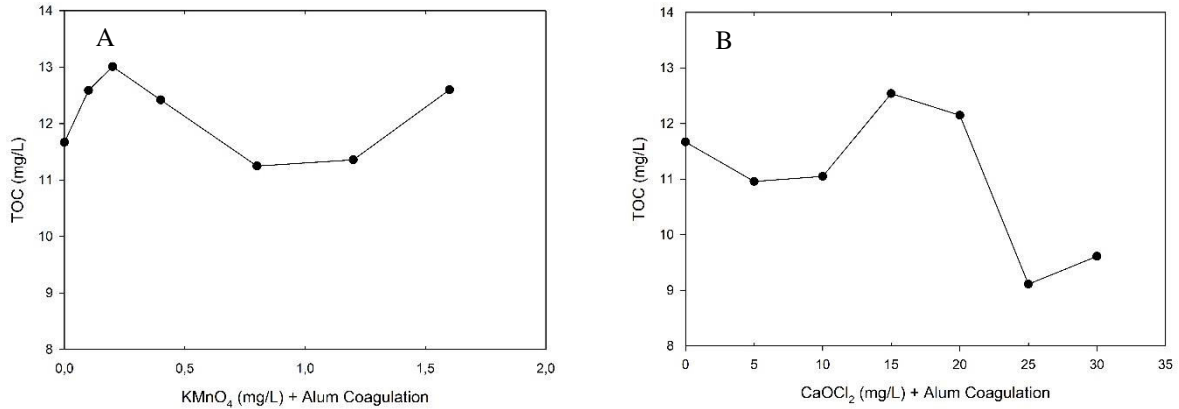
Berdasarkan hasil analisis, konsentrasi TOC pada air baku sebesar 11,67 mg/liter dan nilai UV absorbansi 254 nm sebesar $0,10895 \text{ cm}^{-1}$, sehingga diperoleh nilai SUVA sebesar 0,934 L/mg/cm. Menurut Cheng, *et al.* (2005), nilai SUVA < L/mg/cm berkarakter hidrofilik dengan berat molekul rendah dan kebanyakan bukan humik.

Menurut Michael-Kordatou *et al.*, (2015), jika dalam suatu perairan dominan berkarakter hidrofilik, maka karakteristik ini mengindikasikan bahwa air tersebut dihasilkan dari kegiatan domestik dan industri (*Effluent Organic Matter*). *Effluent Organic Matter* (EfOM), yakni bahan organik limbah cair yang terlarut dalam badan air, terdiri dari campuran heterogen dari senyawa organik refraktori dengan struktur beragam dan asal bervariasi, termasuk bahan organik alami terlarut, produk mikroba larut, senyawa pengacau endokrin, residu obat-obatan dan produk perawatan pribadi, produk sampingan disinfeksi, metabolit/produk transformasi, dan lain-lain.

3.1 Pengaruh *Pre*-Oksidasi Terhadap Penyisihan NOM

Kadar bahan organik dalam air dapat ditentukan secara langsung maupun tidak langsung. Pengukuran kandungan senyawa organik dalam air secara tak langsung dengan analisis *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Kelemahan analisis BOD yaitu membutuhkan waktu yang relatif lama yaitu 5 hari, sedangkan analisis COD membutuhkan waktu kurang lebih 3 jam (Mastuti, 2002). Pengukuran kandungan senyawa organik dalam air secara langsung dilakukan dengan *Total Organic Carbon* (TOC). Keuntungan uji TOC yaitu tidak membutuhkan waktu lama, hanya 5-10 menit. Analisis TOC menghasilkan akurasi dan presisi $\pm 5\%$ pada rentang konsentrasi dari 1 ppb hingga 50.000 ppm (SUEZ, 2018).

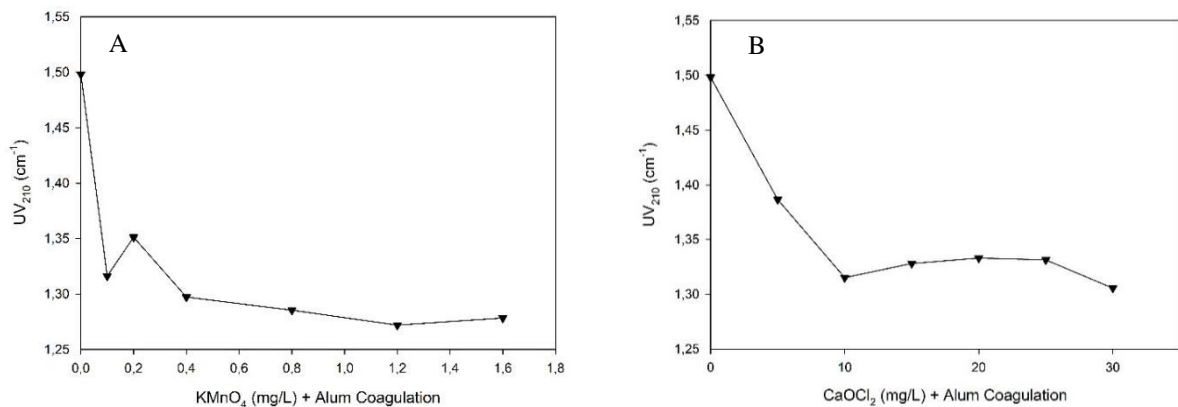
Pengaruh *pre*-oksidasi pada penyisihan NOM dengan parameter TOC dapat ditunjukkan pada Gambar 1a dan 1b. *Pre*-oksidasi oleh KMnO_4 atau CaOCl_2 digunakan untuk meningkatkan koagulasi, tetapi tidak ada efek signifikan yang diamati pada TOC setelah *pre*-oksidasi KMnO_4 yang diikuti koagulasi. Pada penelitian ini, dosis KMnO_4 dan CaOCl_2 yang optimum berturut-turut adalah 0,8 mg/liter dan 25 mg/liter. Pada gambar 4.7 dapat dilihat CaOCl_2 lebih efektif dibandingkan KMnO_4 dalam menurunkan TOC. CaOCl_2 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan dosis 25 mg/liter mampu menurunkan TOC dari 11,67 mg/liter menjadi 9,11 mg/liter atau dengan efektivitas sebesar 21,94%, sedangkan KMnO_4 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan dosis 0,8 mg/liter hanya mampu menurunkan TOC dari 11,67 menjadi 11,25 mg/liter atau dengan efektivitas sebesar 3,60%.



Gambar 1. Pengaruh *pre*-oksidasi terhadap konsentrasi TOC dengan: (A) KMnO₄; (B) CaOCl₂

Pre-oksidan CaOCl₂ menunjukkan kinerja yang lebih tinggi dalam menghilangkan konsentrasi TOC dibandingkan KMnO₄. Hal ini dipengaruhi oleh potensial redoks yang berbeda antara oksidan KMnO₄ dan CaOCl₂. Nilai potensial redoks untuk oksidan yang digunakan dalam pengolahan air dan air limbah seperti klorin 0,841-1,482 E°V, klorin dioksida 0,954 E°V, ozon 2,076 E°V, permanganat 0,6-1,679 E°V, ferrat (VI) 2,2 E°V (Xie *et al.*, 2016). Rendahnya penyisihan TOC yang dilakukan *pre*-oksidasi KMnO₄ karena dipengaruhi potensi redoksnya yang lebih rendah dibandingkan *pre*-oksidasi CaOCl₂. Efisiensi dan efektivitas dari *pre*-oksidasi dan koagulasi juga dipengaruhi oleh pH, dosis koagulan, alkalinitas, suhu, dan ion yang ada dalam larutan (Check, 2005).

Selain mengukur nilai TOC, dilakukan juga analisis *Ultraviolet Visible* (UV-Vis) absorbansi untuk mengukur konsentrasi bahan organik yang ada di perairan alami (Baghoth, 2012). Metode uji bahan organik karbon terlarut dengan UV-Vis memiliki keunggulan yaitu mudah dilakukan dan instrumentasi yang diperlukan relatif murah. Gambar 2 menunjukkan konsentrasi NOM dalam hal nilai UV₂₁₀.



Gambar 2. Pengaruh *pre*-oksidasi terhadap nilai UV₂₁₀ dengan: (A) KMnO₄; (B) CaOCl₂

Nilai *absorbance* UV₂₁₀ menunjukkan penurunan konsentrasi pada semua proses pengolahan menunjukkan bahwa senyawa aromatik telah berkurang. Pada *raw water* nilai *absorbance* UV₂₁₀ sebesar 1,4983 cm⁻¹.

Kombinasi *pre*-oksidasi KMnO₄ dengan koagulan Alum dosis 35 mg/liter, diketahui nilai *absorbance* UV₂₁₀ berturut-turut adalah 1,4983 cm⁻¹, 1,3162 cm⁻¹, 1,3513 cm⁻¹, 1,2973 cm⁻¹,

1,2854 cm^{-1} , 1,2720 cm^{-1} , dan 1,2784 cm^{-1} . Sedangkan kombinasi *pre*-oksidasi CaOCl_2 dengan koagulan Alum dosis 35 mg/liter, diketahui nilai *absorbance* UV_{210} berturut-turut adalah 1,3866 cm^{-1} , 1,3152 cm^{-1} , 1,3281 cm^{-1} , 1,3330 cm^{-1} , 1,3314 cm^{-1} , 1,3056 cm^{-1} .

Kombinasi *pre*-oksidan KMnO_4 dan koagulan Alum lebih efektif dibandingkan kombinasi *pre*-oksidan CaOCl_2 dan koagulan Alum dalam menurunkan senyawa aromatik. KMnO_4 dengan dosis 1,2 mg/liter mampu menurunkan komponen organik aromatik dari 1,4983 cm^{-1} menjadi 1,2720 cm^{-1} atau dengan efektivitas sebesar 15,10%, sedangkan CaOCl_2 dengan dosis 30 mg/liter hanya mampu menurunkan komponen organik aromatik dari 1,4983 cm^{-1} menjadi 1,3056 cm^{-1} atau dengan efektivitas sebesar 12,86%. Zat aromatik dan humat mudah terdegradasi oleh koagulasi, *pre*-oksidasi, dan kombinasi proses keduanya (Edzwald & Tobiason, 2011).

4. KESIMPULAN

Karakteristik pada air Kali Jagir menunjukkan bahan organik karbon dalam bentuk TOC sebesar 11,67 mg/liter, mengandung organik aromatik dengan nilai UV_{210} sebesar 1,49 cm^{-1} , bersifat hidrofilik hidrofilik dengan berat molekul rendah dan kebanyakan bukan humik dengan nilai SUVA sebesar 0,934 L/mg/cm.

Kombinasi *pre*-oksidasi dan koagulasi, CaOCl_2 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dosis 35 mg/liter memiliki efektivitas penurunan TOC sebesar 21,94%, sedangkan KMnO_4 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan dosis 0,8 mg/liter hanya memiliki efektivitas penurunan sebesar 3,60%. Kombinasi *pre*-oksidasi dan koagulasi mampu menurunkan bahan organik aromatik (UV_{210}), dengan efektivitas sebesar 15,10% pada *pre*-oksidasi KMnO_4 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan efektivitas sebesar 12,86% pada *pre*-oksidasi CaOCl_2 -koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Kombinasi *pre*-oksidasi dan koagulasi kurang efektif dalam menurunkan TOC dan bahan organik aromatik, dikarenakan pengaruh oleh pH, alkalinitas, suhu, dan ion yang ada dalam larutan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dukungan keuangan yang diberikan untuk penelitian ini oleh Program Kreativitas Mahasiswa 2017 dari Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (PKM-Kemristek Dikti) Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Baghoth, S.A., (2012). *Characterizing natural organic matter in drinking water treatment processes and trains*. Disertasi UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft.
- Bond, T., E.H. Goslan, S.A. Parsons, and B. Jefferson, (2012). A critical review of trihalomethane and haloacetic acid formation from natural organic matter surrogates. *Environmental Technology Reviews*, 1, 93-113.
- Check, J. K., (2005). *Characterization and Removal of NOM from Raw Waters in Coastal Enviroments*. Tesis Georgia Institute of Technology. Atlanta.
- Cheng, W., S.A. Dastgheib, and T. Karanfil, (2005). Adsorption of dissolved natural organic matter by modified activated carbons. *Water Research*, 39, 2281-2290.

- Edzwald, J.K., (2011). *Water Quality & Treatment A Handbook on Drinking Water Sixth Edition*. American Water Works Association, American Society of Civil Engineers. McGraw-Hill. Colorado.
- Effendi, H., (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Golea, D.M., A. Upton, P. Jarvis, G. Moore, S. Sutherland, S.A. Parsons, and S.J Judd, (2017). THM and HAA formation from NOM in raw and treated surface waters. *Water Research*, 112, 226-235.
- Goslan, E.H., C. Seigle, D. Purcell, R. Henderson, S.A. Parsons, B. Jefferson, and S.J. Judd, (2017). Carbonaceous and nitrogenous disinfection by-product formation from algal organic matter. *Chemosphere*, 170, 1-9.
- Hidayah, E.N., Y.C. Chou, and H.H. Yeh, (2017). Comparison between HPSEC-OCD and F-EEMs for assessing DBPs formation in water. *Journal of Environmental Science and Health Part A, Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 52(4), 391-402.
- Knappe, D.R.U., R.C Belk, D.S. Briley, S.R. Gandy, N. Rastogi, A.H. Rike, H. Glasgow, E. Hannon, W.D. Frazier, P. Kohl, and S. Pugsley, (2004). *Algae Detection and Removal Strategies for Drinking Water Treatment Plants*. AwwaRF, Denver, CO.
- Lamsal R., M.E. Walsh, and G.A. Gagnon, (2011). Comparison of advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter. *Water Research*, 45, 3263-3269.
- Ma, J., and W. Liu, (2002). Effectiveness of ferrate (VI) preoxidation in enhancing the coagulation of surface waters. *Water Research*, 36, 4959-4962.
- Mastuti, A.N., (2002). *Studi Penentuan Kadar Karbon Organik Total Glukosa dalam Air Menggunakan Oksidator $K_2Cr_2O_7$ dan $KMnO_4$ Secara Spektrofotometri UV-Vis*. Skripsi Universitas Jember. Jember.
- Matilainen, A., (2007). *Removal of the Natural Organic Matter in the Different Stages of the Drinking Water Treatment Process*. Tesis Tampere University of Technology. Tampere.
- Matilainen, A., E.T. Gjessing, T. Lahtinen, L. Hed, A. Bhatnagar, and M. Sillanpää, (2011). An overview of the methods used in the characterisation of natural organic matter (NOM) in relation to drinking water treatment. *Chemosphere*, 83, 1431-1442.
- Michael-Kordatou, I., C. Michael, Duan, X. He, D.D. Dionysiou, M.A. Mills, and D. Fatta-Kassinosa, (2015). Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. *Water Research*, 77(15), 213-248.
- Pavita, K.D., B.R. Widiatmono, dan L. Dewi, (2014). Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Akibat Buangan Limbah Domestik (Studi Kasus Kali Surabaya-Kecamatan Wonokromo). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3), 21-27.

- Serrano, M., I. Montesinos, M.J. Cardador, M. Silva, and M. Gallego, (2015). Seasonal evaluation of the presence of 46 disinfection by-products throughout a drinking water treatment plant. *Science of the Total Environment*, 517, 246-258.
- Sillanpää, Mika, Mohamed C. Ncibi, A. Matilainen, and M. Vepsäläinen, (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54-71.
- SUEZ, (2018). *Sum parameters: the relationship between common analytical tools-BOD, COD, & TOC*. Water Technologies & Solutions application note.
- Weishaar, J. L., G.R. Aiken, B.A. Bergamaschi, M.S. Fram, R. Fujii, K. Mopper, (2003), Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon. *Environmental Science & Technology*, 37(20), 4702-4708.
- Xie, Pengchao, Yiqun Chen, Jun Ma, Xiang Zhang, Jing Zou, and Zongping Wang, (2016). A Mini Review of Preoxidation to Improve Coagulation. *Chemosphere*, 155, 550-563.
- Zazouli, M.A., S. Nasser, A. Mahvi, A. Mesdaghinia, M. Younecian, and M. Gholami, (2007). Determination of hydrophobic and hydrophilic fractions of natural organic matter in raw water of Jalalieh and Tehranspars water treatment plants (Tehran). *Journal Application Science*, 7, 2651-2655.