



Terbit *online* pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

## Jurnal Dampak

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

# Characterization and Removal of Dissolved Organic Matter in River Water Through Preoxidation-Coagulation Process

*Euis Nurul Hidayah, Grace Anastasia Claudia, Okik Hendriyanto Cahyonugroho*

*Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran*

### ARTICLE INFORMATION

Received: 11 August 2018  
Revised: 4 January 2019  
Available *Online*: 31 January 2019

### KEYWORDS

Characterization  
Dissolved organic matter  
Preoxidation  
Coagulation

### CORRESPONDENCE

Telepon:+6281217870003  
E-mail: euisnh.tl@upnjatim.ac.id

### A B S T R A C T

Dissolved organic matter (DOM), which is part of natural organic matter or NOM, contained of carbon compound and can cause problems related to taste, odor, and disinfection by-products (DBPs) in water and treated water. Permanganate is strong oxidant and have been know its efficiency in oxidizing organic compound. Coagulation is most widely used in all water treatment plant due to its efficiency in removing suspended solid. The objectives of this study is to characterize and to remove natural organic matter in term of DOM in water through  $\text{KMnO}_4$  preoxidation,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  or  $\text{FeCl}_3$  coagulation,  $\text{KMnO}_4$  preoxidation followed by  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  or  $\text{FeCl}_3$  coagulation. Raw water, which was taken from Jagir River in Surabaya, and treated water were measured quantitatively by using total organic carbon (TOC), ultraviolet at wavelength 254 nm ( $\text{UV}_{254}$ ) in order to know its aromatic properties. In addition, fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) was used to identify the functional group of DOM in water and treated water. The results showed that raw water has high TOC concentration (6,9 mg/L) and mainly composed of aromatic ( $\text{UV}_{254}$  0.075  $\text{cm}^{-1}$ ). The optimum result showed that TOC concentration and  $\text{UV}_{254}$  removed significantly into 4,2 mg/L and 0,0020  $\text{cm}^{-1}$ , respectively after preoxidation followed by  $\text{FeCl}_3$  coagulation. According to percentage transmittance of FTIR analysis, mostly single bond carbon, such as functional group aliphatic C-H and group alcohol C-O stretching, still exist in treated water, while aromatic C=O indicated low transmittance after treatment. This results indicated that preoxidation-coagulation has a better performance than preoxidation only and coagulation only.

### PENDAHULUAN

Beberapa negara berkembang termasuk Indonesia menggunakan sungai, danau, kolam, dan kanal untuk berbagai kebutuhan, seperti mandi, mencuci. Umumnya, limbah dari aktifitas manusia tersebut dibuang ke badan air, sehingga badan air tersebut menjadi tercemar. Bahkan aktivitas industri baik secara sengaja maupun tidak sengaja dalam membuang limbahnya ke perairan dapat menambah kandungan bahan organik atau non organik yang dapat mencemari perairan (Shon, 2012).

Bahan organik alami adalah campuran senyawa organik kompleks yang ditemukan pada semua sumber air baku. Bahan organik alami mengandung komponen karbon yang tinggi, dan air mengandung fraksi dan konstituen bahan organik yang berbeda-beda. Oleh karena itu keberadaan bahan organik karbon dalam air akan mempengaruhi kualitas air baku, kualitas air selama proses pengolahan dan kualitas air dalam sistem distribusi (Edzwald, 2011). Keberadaan bahan organik alami, khususnya organik karbon terlarut dalam ekosistem perairan dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, yaitu organik karbon yang dihasilkan dari aktifitas buangan industri dan manusia yang dibuang ke

badan air (*allochthonous*), dan yang dihasilkan dari aktifitas biota dalam badan air (*autochthonous*) (Sillanpaa, 2015).

Salah satu efek yang sangat berpotensi akibat keberadaan bahan organik alami adalah terbentuknya produk samping desinfektan atau *disinfectant by-product* (DBPs), ketika klorin ditambahkan sebagai desinfektan selama pengolahan air. DBPs yang paling umum adalah *trihalomethanes* (THMs) dan *haloacetic acids* (HAAs), yang bersifat karsinogenik, hepatotoksik, dan mutagenik (Hidayah, 2017). Selain itu hadirnya bahan organik alami diperairan menyebabkan efek negatif dari segi estetis pada kualitas air, seperti warna, bau, dan rasa, meningkatkan penggunaan dosis koagulan dan termasuk meningkatnya volume lumpur, serta menyebabkan pertumbuhan biologi pada sistem distribusi (Edzwald dan Tobiason, 2011).

Pengolahan air secara konvensional umumnya melalui proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Koagulasi merupakan proses yang paling umum digunakan dan berada diawal pengolahan. Proses koagulasi mampu mengikat dan menyisihkan bahan organik alami yang memiliki berat molekul tinggi, selain kemampuannya untuk menurunkan kekeruhan (Cahyonugroho and Hidayah, 2018). Namun bahan organik alami akan tetap ada dalam air yang telah diolah melalui proses koagulasi, oleh karena itu diperlukan upaya untuk meningkatkan kinerja proses koagulasi dalam menyisihkan bahan organik alami (Chow, 2009), yaitu dengan *pretreatment* sebelum proses koagulasi (Hidayah, 2017), atau dengan pengolahan lanjutan, misalnya dengan menggunakan proses karbon aktif (Shao, 2014), proses membran (Lai, 2015).

Umumnya proses *pre*-oksidasi sebagai *pretreatment* untuk proses koagulasi lebih mudah dan efisien untuk diterapkan di unit pengolahan air minum dalam menurunkan bahan organik alami dan senyawa hasil samping dari proses desinfeksi (Hidayah, 2017; Xie, 2016). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh *pre*-oksidasi dalam meningkatkan kinerja proses koagulasi untuk menyisihkan bahan organik alami dalam air Sungai Jagir. Sungai Jagir digunakan sebagai air baku pada instalasi pengolahan air di PDAM Ngagel, Surabaya.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menentukan waktu optimum proses preoksidasi (5, 15, 30, 60, 120, 240 menit) dan dosis optimum koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  atau  $\text{FeCl}_3$  (Merck) dengan variasi dosis 5, 15, 25, 35, 45, 55 mg/L. Penelitian utama menggunakan jar test dengan 3 proses perlakuan yang dilakukan secara terpisah, yaitu: proses preoksidasi, proses koagulasi, kombinasi proses preoksidasi-koagulasi.

Penelitian utama untuk proses preoksidasi dilakukan dengan mencampurkan 1000 mL sampel air sungai dengan preoksidan kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ , Merck) pada dosis 0,5; 1; 1,5 mg/L. Proses dilakukan dengan pengadukan cepat

120 rpm selama 30 detik, pengadukan lambat 45 rpm selama 60 menit, sebagai waktu optimum proses preoksidasi yang diperoleh dari hasil penelitian pendahuluan. Proses koagulasi dilakukan dengan mencampurkan 1000 mL sampel air sungai dengan koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  atau  $\text{FeCl}_3$  pada dosis 25; 35; 45 ppm, sebagai dosis optimum yang diperoleh dari hasil penelitian pendahuluan. Proses dilakukan dengan pengadukan cepat 120 rpm selama 30 detik, pengadukan lambat 45 rpm selama 15 menit, pengendapan 30 menit. Kombinasi proses preoksidasi dan koagulasi dilakukan dengan mencampurkan 1000 mL sampel air sungai dengan preoksidan  $\text{KMnO}_4$  pada dosis 1 mg/L selama 60 menit, yaitu dosis dan waktu proses preoksidasi optimum yang diperoleh dari hasil penelitian pendahuluan. Selanjutnya dilakukan penambahan koagulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  atau  $\text{FeCl}_3$  pada dosis 25; 35; 45 ppm.

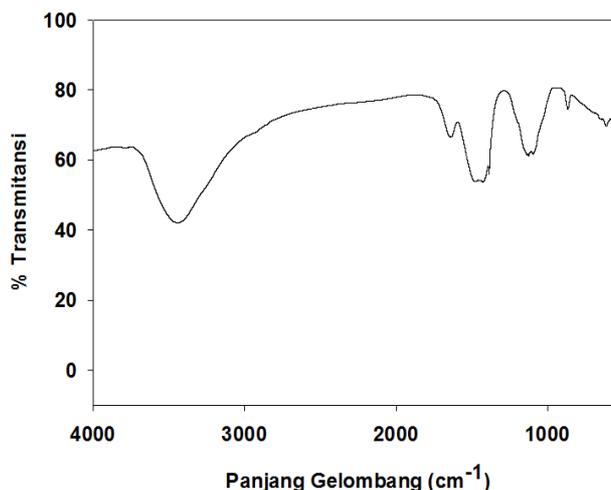
Penyaringan sampel dengan menggunakan kertas saring 0.45  $\mu\text{m}$  jenis selulosa asetat (CA) dilakukan pada semua sampel yang belum diolah dan yang telah diolah. Selanjutnya sampel yang sudah disaring tersebut, dianalisa untuk menguji konsentrasi total organik karbon (TOC) dengan menggunakan TOC analyzer jenis TOC-500 Shimadzu, bahan organik pada panjang gelombang 254 nm ( $\text{UV}_{254}$ ) dengan menggunakan UV-vis Shimadzu 1601, dan mengidentifikasi gugus fungsional bahan organik karbon dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) jenis Perkin Spectrum One FTIR Spectrometer (APHA, 2012).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Air Sungai

Hasil analisa menunjukkan karakteristik bahan organik dalam air sungai yang dinyatakan sebagai konsentrasi TOC sebesar 6,9 mg/L dan konsentrasi bahan organik aromatik dengan  $\text{UV}_{254}$  sebesar  $0,075 \text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan bahwa Sungai Jagir mengandung bahan organik karbon yang bersifat aromatik yang memiliki ikatan karbon rangkap.

Berdasarkan nilai TOC, maka air Sungai Jagir kemungkinan mengandung komponen organik aromatik dan non-aromatik.



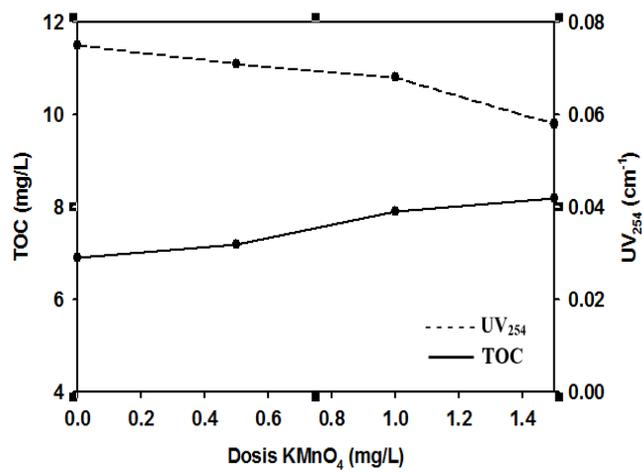
Gambar 1. Karakteristik Air Sungai Jagir Dengan Uji FTIR

Uji komponen bahan organik dengan menggunakan FTIR seperti dijelaskan pada Gambar 1 menunjukkan adanya komponen non-aromatik, yang diklasifikasikan sebagai gugus O-H regangan pada panjang gelombang 3435 cm<sup>-1</sup> (66% transmitansi), gugus C-H yang terdeteksi pada berbagai panjang gelombang, yaitu 1385 cm<sup>-1</sup> (55% transmitansi), 1425 cm<sup>-1</sup> (48% transmitansi), 1470 cm<sup>-1</sup> (53% transmitansi), dan gugus C-O regangan yang terdeteksi pada 2 panjang gelombang, yaitu 1095 cm<sup>-1</sup> (61% transmitansi), 1125 cm<sup>-1</sup> (61% transmitansi). Sedangkan gugus C=O regangan pada panjang gelombang 1640 cm<sup>-1</sup> (66% transmitansi) diklasifikasikan sebagai gugus aromatik. Gugus fungsional yang terdeteksi dalam air sungai ini menunjukkan karakteristik bahan organik yang juga umum dalam air permukaan (Xing, 2010).

### Pengaruh Preoksidasi Dalam Menyisihkan Bahan Organik Alami

Gambar 2 menunjukkan perubahan nilai UV<sub>254</sub> dan TOC pada berbagai variasi dosis KMnO<sub>4</sub> selama proses preoksidasi. Hasil penelitian menunjukkan penurunan absorbansi UV<sub>254</sub> yang menjadi 0,071 cm<sup>-1</sup>, 0,058 cm<sup>-1</sup>, dan 0,101 cm<sup>-1</sup>. Hal ini mengindikasikan bahwa proses preoksidasi dengan menggunakan KMnO<sub>4</sub> dapat menyisihkan bahan organik jenis aromatik atau ikatan karbon rangkap. Terjadinya penurunan absorbansi pada UV<sub>254</sub>, karena permanganat yang digunakan sebagai pre-oksidan memiliki kemampuan untuk merusak beberapa ikatan organik jenuh dan menghasilkan penurunan pada penyerapan UV atau menghasilkan bahan organik dengan berat molekul yang lebih rendah (Jun dan Graham, 2014). Spektrum UV pada panjang gelombang 254 nm digunakan untuk menunjukkan tingkat bahan organik aromatik dalam sampel air (Hidayah, 2016).

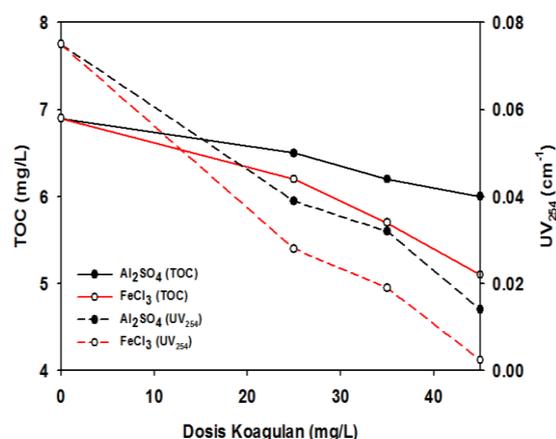
Mekanisme yang mungkin terjadi adalah terbentuknya *in-situ* MnO<sub>2</sub> berperan sebagai adsorban yang mampu mengadsorpsi rantai karbon aromatik (Xie, 2016; Hidayah and Yeh, 2018). MnO<sub>2</sub> merupakan *amorphous solid* yang terbentuk selama proses oksidasi KMnO<sub>4</sub>. Hasil pengamatan penelitian menunjukkan terbentuknya butiran halus yang diduga sebagai MnO<sub>2</sub>. Namun nilai TOC menjadi semakin meningkat dengan penambahan dosis preoksidan KMnO<sub>4</sub>, yaitu dari konsentrasi 6,9 mg/L menjadi 7,2 mg/L, 7,9 mg/L dan 8,2 mg/L. Hal ini terjadi karena kemungkinan preoksidan KMnO<sub>4</sub> mengoksidasi bahan organik dengan berat molekul yang tinggi menjadi bahan organik dengan berat molekul yang lebih rendah atau bahan organik tersebut mengalami transformasi dari berat molekul tinggi menjadi lebih rendah (Hidayah, 2017). Preoksidan KMnO<sub>4</sub> mampu menghancurkan lapisan organik dipermukaan partikel dan ini ditunjukkan dengan kenaikan nilai TOC (Xie, 2016).



Gambar 2. Pengaruh Pre-Oksidasi KMnO<sub>4</sub> Terhadap Konsentrasi TOC dan UV<sub>254</sub> dengan Waktu Reaksi 60 Menit

### Pengaruh Koagulasi Dalam Menyisihkan Bahan Organik Alami

Gambar 3 menunjukkan perubahan nilai UV<sub>254</sub> dan TOC pada berbagai variasi dosis koagulan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dan FeCl<sub>3</sub> setelah proses koagulasi. Hasil penelitian menunjukkan penurunan absorbansi UV<sub>254</sub> dari 0,075 cm<sup>-1</sup> menjadi 0,014 cm<sup>-1</sup> dengan dosis Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> terbesar 45 mg/L dan menjadi 0,0024 cm<sup>-1</sup> dengan dosis FeCl<sub>3</sub> 45 mg/L. Penurunan UV<sub>254</sub> sejalan dengan penurunan TOC, yaitu dari 6,9 mg/L menjadi 6 mg/L dengan menggunakan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dosis 45 mg/L dan mencapai 5,1 mg/L dengan dosis FeCl<sub>3</sub> yang sama. Peningkatan dosis koagulan Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> menunjukkan adanya penurunan TOC yang kurang signifikan, yaitu sekitar 13-26%. Meskipun demikian, penurunan TOC terjadi karena adanya kompleksasi dari hidrolisis ion logam koagulan dengan bahan organik dan hidroksida logam yang terbentuk, membuat bahan organik terprotonisasi dan membentuk flok yang bermuatan positif, yang mungkin meningkatkan penyisihan bahan organik alami atau adanya mekanisme netralisasi muatan untuk material koloid dan kompleksasi muatan/pengendapan (Sillanpaa, 2018).



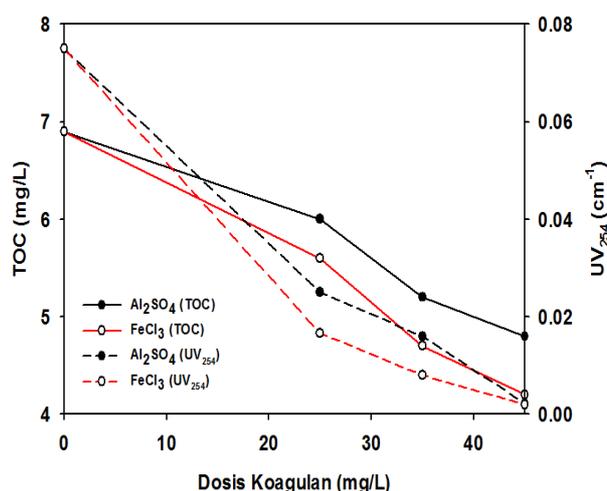
Gambar 3. Pengaruh Koagulasi dengan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dan FeCl<sub>3</sub> Terhadap Konsentrasi TOC dan UV<sub>254</sub> dengan Waktu Reaksi 60 Menit

Koagulan  $Al_2(SO_4)_3$  dan  $FeCl_3$  merupakan garam yang dapat menjadi kation trivalen bila dilarutkan dalam air. Kation ini nantinya akan bereaksi dengan alkalinitas dan terhidrolisis menjadi padatan hidroksida logam yang tidak larut dalam air. Dengan adanya padatan hidroksida garam-garam tersebut, mekanisme pemerangkapan partikel organik atau destabilisasi dapat terjadi (Cahyonugroho and Hidayah, 2018). Perbandingan dua jenis koagulan, yaitu  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  menunjukkan bahwa koagulan  $FeCl_3$  memberikan hasil yang lebih optimal daripada koagulan  $Al_2(SO_4)_3$ . Hal ini karena hidrolisis  $FeCl_3$  akan membentuk beberapa kompleks larut yang memiliki muatan positif tinggi, sehingga menyerap ke permukaan koloid yang negatif, selain itu  $FeCl_3$  memiliki berat molekul yang lebih besar yaitu sebesar 34,4%  $Fe^{3+}$ , sedangkan aluminium sulfat mengandung 15,7%  $Al^{3+}$  (Sillanpaa, 2018)

**Pengaruh Kombinasi Preoksidasi-Koagulasi Dalam Menyisihkan Bahan Organik Alami**

Gambar 4 menunjukkan perubahan nilai  $UV_{254}$  dan TOC pada berbagai variasi dosis koagulan  $Al_2(SO_4)_3$  dan  $FeCl_3$  setelah kombinasi proses preoksidasi-koagulasi. Hasil penelitian menunjukkan penurunan absorbansi  $UV_{254}$  dari 0,075  $cm^{-1}$  menjadi 0,0022  $cm^{-1}$  dengan dosis  $Al_2(SO_4)_3$  terbesar 45 mg/L dan menjadi 0,0020  $cm^{-1}$  dengan dosis  $FeCl_3$  45 mg/L. Penurunan  $UV_{254}$  sejalan dengan penurunan TOC, yaitu dari 6,9 mg/L menjadi 4,8 mg/L dengan menggunakan  $Al_2(SO_4)_3$  dosis 45 mg/L dan mencapai 4,2 mg/L dengan dosis  $FeCl_3$  yang sama. Proses preoksidasi sebagai pengolahan awal dan dilanjutkan dengan proses koagulasi dengan peningkatan dosis koagulan  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  menunjukkan adanya penurunan TOC yang lebih signifikan, yaitu sekitar 30-40%, jika dibandingkan dengan proses koagulasi tanpa proses preoksidasi.

Pengukuran dengan TOC ini digunakan untuk menjelaskan pengukuran kontaminan organik berbasis karbon dalam sistem perairan, tetapi dengan  $UV_{254}$  mengindikasikan kontaminan organik berbasis karbon, khususnya aromatik. Dari kedua grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan pre-oksidasi dapat meningkatkan kinerja proses koagulasi. Pre-oksidasi dengan  $KMnO_4$  sebagai pretreatment juga menunjukkan efisiensi koagulan  $FeCl_3$  jauh lebih optimal jika dibandingkan dengan koagulan  $Al_2(SO_4)_3$  dalam menurunkan kontaminan organik karbon khususnya aromatik. Koagulan  $FeCl_3$  memiliki daya absorptivitas yang besar terhadap bahan organik, khususnya jenis rantai aromatik. Hal ini dikarenakan  $FeCl_3$  memiliki muatan kation yang lebih besar dengan berat molekul yang lebih besar. Walaupun demikian, koagulan  $Al_2(SO_4)_3$  saja juga memiliki kemampuan untuk menyisihkan kontaminan organik dan non organik yang tidak memiliki ikatan rangkap (=) atau ikatan tiga (=) (Hidayah dan Yeh, 2018).

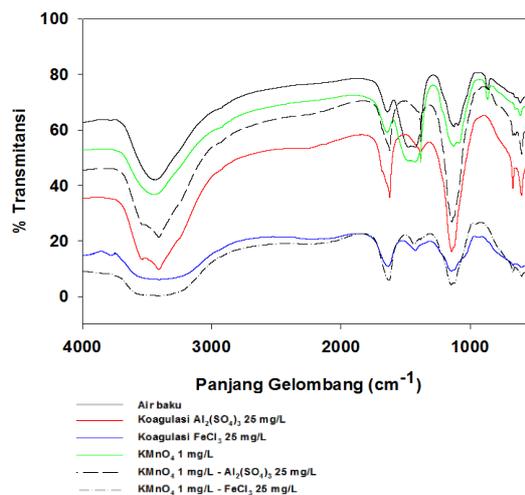


Gambar 4. Pengaruh Pre-Oksidasi  $KMnO_4$  - Koagulasi Terhadap Konsentrasi TOC dan  $UV_{254}$  dengan Waktu Reaksi 60 Menit

Kombinasi proses pre-oksidasi-koagulasi memiliki efisiensi paling optimal jika dibandingkan dengan proses preoksidasi ataupun dengan proses koagulasi saja. Hal ini menunjukkan bahwa pre-oksidasi mampu meningkatkan kinerja proses koagulasi dalam menyisihkan bahan organik alami, khususnya jenis organik karbon terlarut.

**Perubahan Karakteristik Gugus Fungsional Bahan Organik Alami Pada Proses Preoksidasi, Koagulasi, dan Preoksidasi-Koagulasi**

Gambar 5 menunjukkan hasil uji FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsional bahan organik alami dalam air Sungai Jagir dan bahan organik alami setelah melalui proses preoksidasi, koagulasi, dan kombinasi proses pre-oksidasi-koagulasi. Tabel 1 merupakan resume dari hasil pembacaan grafik FTIR, yang menunjukkan jenis gugus fungsional, persentase nilai transmitansi setiap gugus fungsional.



Gambar 5. Hasil Uji Spektrum FTIR Menunjukkan Penurunan Puncak Gugus Fungsional Bahan Organik Alami Pada Berbagai Proses Pengolahan

Tabel 1. Resume Hasil Uji Spektrum FTIR Berupa Jenis Gugus Fungsional dan Persentase Nilai Transmittansi

0	Diagnosa ikatan	Panjang gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Persen transmittansi (%T) dan absorbansi sampel (cm <sup>-1</sup> )*					
			a	b	c	d	e	f
Alkohol	O-H regangan	3600-3200	66 (3435)	36	9	6	21	0
Asam Amino	C=O regangan	1800-1600	66 (1640)	59	35	10	52	5
Alifatik atau CH <sub>3</sub>	Perubahan bentuk C-H	1470-1365	53 (1470)	48	-	-	-	19
			48 (1425)	48	-	16	-	19
			55 (1385)	48	48	-	60	20
Alkohol	C-O regangan	1200-1000	61 (1125)	54	16	9	26	4
			61 (1095)	55	-	-	-	4

\*absorbansi sampel untuk air baku dengan nilai dalam buka tutup kurung

a=air baku; b=KMnO<sub>4</sub> 1 mg/L; c= Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 25 mg/L;

d=FeCl<sub>3</sub> 25 mg/L; e= KMnO<sub>4</sub> 1 mg/L + Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 25 mg/L;

f= KMnO<sub>4</sub> 1 mg/L + FeCl<sub>3</sub> 25 mg/L

Berdasarkan uji FTIR, Sungai Jagir didominasi oleh bahan organik alami dengan gugus fungsional jenis alkohol, asam amino, dan alifatik atau CH<sub>3</sub>. Gugus fungsional alkohol terdapat pada panjang gelombang 3435 cm<sup>-1</sup> dengan persen transmittansi 66% dan bentuk ikatan O-H regangan. Kemudian terdapat gugus fungsi asam amino yang terdapat pada panjang gelombang 1640 cm<sup>-1</sup> dengan persen transmittansi 66% dan bentuk ikatan C=O regangan. Selain itu terdapat gugus fungsional alifatik atau CH<sub>3</sub> yang terdapat pada panjang gelombang 1470 cm<sup>-1</sup>, 1428 cm<sup>-1</sup>, 1385 cm<sup>-1</sup> dengan persen transmittansi yaitu 53%, 48%, dan 55% dan bentuk ikatan perubahan bentuk C-H. Pada kisaran panjang gelombang 1200-1000 cm<sup>-1</sup> gugus fungsional alkohol ditemukan kembali yakni pada panjang gelombang 1125 cm<sup>-1</sup>, dan 1095 cm<sup>-1</sup> dengan persen transmittansi 61% dan 61% dengan bentuk ikatan C-O regangan.

Setelah dilakukan berbagai pengolahan, gugus fungsi alkohol dengan bentuk ikatan O-H regangan ini mengalami penurunan persen transmittansi yaitu sebesar 36% pada pengolahan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub>, 9% pada pengolahan dengan koagulan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, 6% dengan koagulan FeCl<sub>3</sub>, 0% dengan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub> - koagulan FeCl<sub>3</sub>. Begitu pula dengan gugus fungsi asam amino bentuk ikatan C=O regangan setelah dilakukan berbagai pengolahan, gugus fungsi asam amino ini mengalami penurunan persen transmittansi yaitu sebesar 59% pada pengolahan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub>, 35% pada pengolahan dengan koagulan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, 10% dengan koagulan FeCl<sub>3</sub>, 5% dengan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub>-koagulan FeCl<sub>3</sub>. Lalu pada gugus fungsi ketiga yaitu alifatik atau CH<sub>3</sub> bentuk ikatan perubahan C-H juga mengalami penurunan persen transmittansi yang terdapat pada panjang gelombang yang berbeda-beda yakni sebesar 48% pada pengolahan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub> pada panjang gelombang 1476 cm<sup>-1</sup>, 1425 cm<sup>-1</sup>, dan 1384 cm<sup>-1</sup>, 48% pada pengolahan dengan koagulan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> pada panjang gelombang 1384 cm<sup>-1</sup>, 16% dengan koagulan FeCl<sub>3</sub> pada

panjang gelombang 1427 cm<sup>-1</sup>, 19%, 19%, 20% dengan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub>-koagulan FeCl<sub>3</sub> pada panjang gelombang 1442 cm<sup>-1</sup>, 1428 cm<sup>-1</sup>, dan 1385 cm<sup>-1</sup>. Kemudian gugus fungsi alkohol bentuk ikatan C-O regangan kembali muncul pada panjang gelombang yang berbeda yaitu pada range panjang gelombang 1200 cm<sup>-1</sup> -1000 cm<sup>-1</sup>, dan setelah dilakukan berbagai pengolahan, gugus fungsi alkohol ini mengalami penurunan persen transmittansi yaitu sebesar 54%, dan 55% pada pengolahan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub> yang terdapat pada panjang gelombang 1130 cm<sup>-1</sup>, dan 1087 cm<sup>-1</sup>, 16% pada pengolahan dengan koagulan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, 9% dengan koagulan FeCl<sub>3</sub>, 4% dengan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub>-koagulan FeCl<sub>3</sub> pada panjang gelombang 1145 cm<sup>-1</sup> dan 1121 cm<sup>-1</sup>.

Untuk pengolahan dengan menggunakan *pre*-oksidasi KMnO<sub>4</sub>-koagulan Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> terjadi kenaikan persen transmittansi yaitu sebesar 21% pada gugus fungsi alkohol bentuk ikatan O-H regangan, sebesar 52% pada gugus fungsi asam amino bentuk ikatan C=O regangan, dan sebesar 60% pada gugus fungsi alifatik atau CH<sub>3</sub> bentuk ikatan perubahan bentuk C-H, serta sebesar 26% pada gugus fungsi alkohol yang muncul lagi dengan bentuk ikatan yang berbeda yaitu C-O regangan.

Perubahan gugus fungsional bahan organik dalam bentuk pengurangan puncak dan penambahan puncak mengindikasikan adanya proses kimia atau fisika yang dapat merubah karakteristik bahan organik alami. Hal tersebut mengikuti aturan reaksi substitusi elektrofilik dimana satu agen elektrofilik (seperti permanganat *pre*-oksidasi) menyerang satu posisi inti dari molekul organik, khususnya bahan aromatik, yang akan menghasilkan substitusi satu bagian dari atom serta gugus fungsi dari molekul (Xing, 2010; Rezagama, 2012).

## KESIMPULAN

Air sungai sebagai air baku yang digunakan pada penelitian ini mengandung TOC 6.9 mg/L, berkarakteristik bahan organik aromatik dengan UV<sub>254</sub> sebesar 0,075 cm<sup>-1</sup> dan secara spesifik memiliki gugus fungsional alkohol O-H (66% transmittansi), C=O (66% transmittansi), C-H (48%-55% transmittansi), C-O (61% transmittansi). Komponen bahan organik karbon terlarut tersebut dapat diolah melalui proses *pre*-oksidasi, proses koagulasi, kombinasi *pre*-oksidasi dan koagulasi.

*Pre*-oksidasi dengan KMnO<sub>4</sub> dengan dosis optimum 1.6 mg/L dapat menurunkan komponen karbon aromatik atau UV<sub>254</sub> mencapai 0,058 cm<sup>-1</sup> namun TOC mengalami kenaikan hingga 8,2 mg/L. Proses koagulasi dengan dosis koagulan Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> 45 mg/L menunjukkan adanya penurunan TOC yang kurang signifikan, yaitu sekitar 13% dan 26%. Proses *pre*-oksidasi sebagai pengolahan awal dan dilanjutkan dengan proses koagulasi dengan peningkatan dosis koagulan Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> menunjukkan adanya penurunan TOC yang lebih signifikan, yaitu sekitar 30% dan 40%, jika dibandingkan dengan proses koagulasi tanpa proses *pre*-oksidasi.

Kombinasi *pre*-oksidasi  $\text{KMnO}_4$ -koagulasi  $\text{FeCl}_3$  menunjukkan penurunan persen transmitansi gugus fungsional bahan organik lebih optimum, yaitu alkohol O-H (0% transmitansi), C=O (5% transmitansi), C-H (20% transmitansi), C-O (4% transmitansi), jika dibandingkan dengan kogulan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan tanpa *pre*-oksidasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dengan nomor kontrak No. 083/SP2H/LT/DRPM/2018 atas dukungan finansial.

#### DAFTAR PUSTAKA

- APHA, AWWA, and WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters*, 21<sup>th</sup> ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 2012.
- Edzwald, J.K. and Tobiason, J.E. *Chemical principles, source water composition, and watershed protection*. Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water. J.K. Edzwald, Ed. New York: McGraw-Hill, 2011, pp.1-76.
- Sillanpää, M. and Matilainen, A. *NOM removal by coagulation*. Natural Organic Matter In Water Characterization and Treatment Methods. Finland: Elsevier, 2015, pp.55-80.
- Chow, C.W.K., Leeuwen, J. A. V., Fabris, R., Drikas, M. *Optimised coagulation using aluminium sulfate for the removal of dissolved organic carbon*. Desalination. Volume 245. No. 1-3, 2009, Pages 120–134.
- Hidayah E.N., Chou, Y. C., Yeh, H. H., *Using HPSEC to identify NOM fraction removal and the correlation with disinfection by-product precursor*. Water Science and Technology. Volume 16, No.2, 2016, Pages 305-313.
- Hidayah, E. N., Chou, Y. C., Yeh, H. H., *Comparison between HPSEC-OCD and FEEMs for assesing DBPs formation in water*. Journal of Enviromental Science and Health, Part A. Volume 52, No.4, 2017, Pages 391-402.
- Lai, C.H., Chou, Y. C., Yeh, H. H., *Assessing the interaction effects of coagulation pretreatment and membrane material on UF fouling control using HPSEC combined with peak-fitting*. Journal of Membrane Science. Volume 474, 2015, Pages 207-214.
- Shao, S., Liang, H., Qu, F., Huarong, Y., Li, K., Guibai, Li., *Fluorescent natural organic matter fractions responsible for ultrafiltration membrane fouling: identification by adsorption pretreatment coupled with parallel factor analysis of excitation–emission matrices*. Journal of Membrane Science. Volume 464, 2014, Pages 33–42.
- Shon, H.K., Vigneswaran, S., Snyder, S.A., *Effluent organic matter (EfOM) in wastewater: constituents, effect, and treatment*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. Volume 36, No. 4, 2012, Pages 327-374,
- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., Vepsäläinen, M., *Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review*. Chemosphere. Volume 190, 2018, Pages 54-71,
- Xie, P., Chen, Y., Ma, J., Zhang, X., Zou, J., Wang, Z. *A mini review of preoxidation to improve coagulation*. Chemosphere. Volume 155, 2016, Pages 550-563.
- Jun, R. Z., and Graham, N. *Effect and mechanism of mangante preoxidation for organic removal*. Technology Science China. Volume 57, No.6, 2014, Pages 1160-1164,
- Hidayah, E.N., and Yeh, H.H. *Effect of permanganate preoxidation to natural organic matter and disinfection by-products formation potential removal*. Journal of Physics: Conference Series. Volume 593, 2018,
- Cahyonugroho, O.H. and Hidayah, E.N. *Characterization of natural organic matter by  $\text{FeCl}_3$  coagulation*. Journal of Physics: Conference Series. Volume 593, 2018.
- Rezagama, A. *Studi Ozonisasi Senyawa Organik Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sarimukti*. Teknik. Volume 34 No. 2, 2012, Pages 82-87.
- Xing Y. *Characterization of Dissolved Organic Carbon in Prairie Surface Waters Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. Master Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 2010.