

---

**KARAKTERISASI *NATURAL ORGANIC MATTER* (NOM)  
SEBAGAI PREKURSOR PEMBENTUKAN  
TRIHALOMETAN (THM) PADA EFLUEN PDAM TIRTA  
BINANGUN, KULONPROGO, YOGYAKARTA**

***CHARACTERIZING OF NATURAL ORGANIC MATTER  
(NOM) IN EFFLUENT TIRTA BINANGUN WTP,  
KULONPROGO, YOGYAKARTA***

**Haninda Lutfiana Utami\***

\*Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam  
Indonesia

e-mail: [hanindalutfianautami@gmail.com](mailto:hanindalutfianautami@gmail.com)

***Abstract***

*PDAM Tirta Binangun used Progo River, Clereng Springs and Sermo Reservoir as their raw water. The raw water are predicted that has high NOM. In their water treatment, PDAM Tirta Binangun used kaporit, which contains chlorine compounds, as disinfectant, which will produce disinfection by-products (DBPs) if reacts with organics. Several DBPs compound is toxic and carcinogens. This research is to analyze the NOM characteristic and knowing the relationship between NOM parameters. This research measured four NOM parameters, there are COD, Permanganate value,  $UV_{254}$  and  $UV_{3/4}$  and on-site parameter (pH, conductivity, turbidity and temperature). ESP has COD and Permanganate value at 39,85 ppm and 3,45 ppm, has high organic aromatic and dominated by fulvic acid. EWS has COD and Permanganate value at 49,20 ppm and 5,09 ppm, has high organic aromatic and dominated by humic acid and fulvic acid. EC has COD and Permanganate value at 30,51 ppm and 1,35 ppm, has lowest organic aromatic and dominated by humic acid. The relation between NOM parameters depends on the organic characteristic in each sampling point.*

**Keywords—** *NOM,  $UV_{254}$ ,  $UV_{3/4}$ , COD, permanganate*

***Abstrak***

*PDAM Tirta Binangun menggunakan Sungai Progo, Mata Air Clereng dan Waduk Sermo sebagai sumber air baku. Sumber ini diduga mengandung NOM yang tinggi. Dalam pengolahannya, PDAM Tirta Binangun menggunakan kaporit, yang mengandung klorin sebagai disinfektan, yang dimana akan menghasilkan DBPs bila bereaksi dengan organik. Senyawa DBPs bersifat toksik dan karsinogenik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik NOM dan hubungan antar parameter NOM. Penelitian ini menguji empat parameter NOM yaitu  $UV_{254}$ ,  $UV_{3/4}$ , nilai permanganat, dan COD dan parameter lapangan (pH, daya hantar listrik, kekeruhan dan temperature). ESP memiliki nilai COD dan permanganate cukup tinggi sebesar 39,85 ppm dan 3,45 ppm, memiliki senyawa organik aromatik yang tinggi dan didominasi asam fulvat. EWS memiliki nilai COD dan permanganate paling tinggi*

---

sebesar 49,20 ppm dan 5,09 ppm, mengandung senyawa organik aromatik yang tinggi didominasi asam humat dan asam fulvat. EC memiliki nilai COD dan permanganate paling rendah sebesar 30,51 ppm dan 1,35 ppm, mengandung senyawa organik aromatik yang rendah dan didominasi asam humat. Hubungan antar parameter NOM dipengaruhi oleh karakteristik NOM pada tiap titik.

**Kata kunci**— NOM,  $UV_{254}$ ,  $UV_{3/4}$ , COD, permanganate

## 1. PENDAHULUAN

Sungai Progo dan Waduk Sermo, digolongkan sebagai air permukaan yang dimana memiliki *natural organic matter* (NOM) lebih banyak dibandingkan dengan air tanah seperti Mata Air Clereng. Menurut Chaw (1999) NOM ialah campuran bermacam-macam senyawa organik seperti karbon aromatik, karbon alifatik dan lainnya, yang terbentuk secara alami dan berasal dari proses degradasi sumber. Karakter senyawa NOM tergantung pada material prekursor dan transformasi biokimia yang terjadi (Aiken dan Cotsaris, 1995).

NOM di dalam air mengandung senyawa hidrofobik dan hidrofilik. Kandungan senyawa hidrofobik di dalam air, kaya dengan senyawa aromatik karbon, memiliki struktur fenol dan biasanya memiliki struktur rangkap dua (Matilainen dkk, 2011). Sementara itu disebutkan bahwa senyawa hidrofilik NOM paling banyak mengandung senyawa alifatik karbon dan senyawa nitrogen, seperti karbohidrat, protein, gula dan asam amino (Matilainen dkk, 2011). Senyawa asam yang bersifat hidrofobik biasanya menggambarkan adanya kandungan senyawa humus atau *humic substance* di dalam air.

Senyawa humus dapat dikelompokkan menjadi dua fraksi yaitu asam humat atau *humic acid* (HA) dan asam fulvat atau *fulvic acid* (FA) (Artinger dkk, 2000). Secara umum, HA dan FA memiliki perbedaan pada berat molekul, elemen dan kandungan gugus fungsi (Tang dkk, 2014). HA memiliki berat molekul lebih tinggi dan mengandung gugus fungsi yang lebih sedikit dibandingkan dengan FA (Tang dkk, 2014).

Matilainen dkk (2011) memiliki sudut pandang dalam metode klasifikasi NOM. Metode karakterisasi NOM dapat dianalisis dengan mengukur *total organic carbon* (TOC), *dissolved organic carbon* (DOC), absorpsi sinar UV-Vis ( $UV_{254}$ ) atau *chemical oxygen demand* (COD). Keseluruhan metode ini cepat dan tidak memerlukan preparasi contoh uji yang panjang atau membutuhkan banyak peralatan analitis.

---

---

Panjang gelombang sinar UV 220 nm – 280 nm telah dianggap sebagai rentang gelombang yang tepat untuk pengukuran NOM (Matilainen dkk, 2011). Sementara itu panjang gelombang 254 nm menunjukkan kelompok senyawa aromatik dengan berbagai tingkatan aktivasi. Senyawa aromatic ialah senyawa organic yang memiliki struktur kimia berupa ikatan cincin karbon, terdiri atas enam atom karbon dengan tiga ikatan ganda (Effendi, 2003).

Selain itu rasio perbandingan antara UV300 dan U400 ( $UV^{3/4}$ ) menunjukkan tingkat humifikasi pada contoh uji perairan. Semakin kecil rasio  $UV^{3/4}$ , maka semakin besar pula tingkat humifikasi dan aromatisasi pada contoh uji (Sururi, 2018). Artinger (2000) mengklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu *humic acid* (HA) dan *fulvic acid* (FA). Rasio  $UV^{3/4}$  dengan nilai kurang dari 3,5 akan diklasifikasikan menjadi *humic acid* sedangkan lebih dari 3,5 akan diklasifikasikan menjadi *fulvic acid*.

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan salah satu cara kualitatif untuk mengukur kadar organik air namun tidak bisa dijadikan sebagai parameter utama (Thurman, 1985). COD akan merepresentasikan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Baik senyawa organik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sulit didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) dan dirubah menjadi karbondioksida dan air (Boyd dalam Effendi, 2003). Metode ini memiliki keterbatasan, salah satunya adalah metode ini tidak mampu untuk membedakan antara bahan organik yang teroksidasi biologis dan biologis yang inert.

Kalium permanganat digunakan sebagai oksidator dalam penentuan konsumsi oksigen dalam proses pengoksidasian bahan organik atau kandungan organik total atau *total organic matter* (TOM). Kemampuan mengoksidasi permanganate tergantung pada kandungan organik yang terdapat di dalam air

Dalam proses disinfeksi, PDAM Tirta Binangun memilih kaporit sebagai disinfektan. Berdasarkan senyawa penyusunnya, kaporit mengandung klorin yang dianggap mampu berperan sebagai disinfektan. Disinfeksi menurut Budiyo dan Siswo Sumardiono (2013), bertujuan untuk mematikan mikroorganisme tertentu di dalam air yang bersifat patogenik. Namun proses disinfeksi dengan klorin akan menghasilkan *disinfection by-products* (DBPs). Menurut Amy dkk (2000), pembentukan DBPs dapat dipengaruhi oleh adanya senyawa NOM yang ada di dalam air. Tentunya NOM yang

---

dapat menjadi prekursor pembentuka DBPs, salah satunya asam humat atau *humic acid* (HA). Senyawa DBPs diantaranya ialah trihalometan dan *halo-acid-acetat* (HAA) yang bersifat karsinogenik. Dalam jangka panjang, kedua senyawa ini akan menyebabkan kanker pada manusia.

Di negara berkembang termasuk Indonesia masih berfokus pada parameter yang bersifat umum seperti BOD<sub>5</sub>, pH, COD, kekeruhan, warna dan lain sebagainya. Bahkan di Indonesia belum ada parameter yang dapat merepresentasikan NOM. Juga pengetahuan dan penelitian terkait analisis senyawa NOM masih sangat terbatas.

## 2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilaksanakan PDAM Tirta Binangun, Kulonprogo, D.I. Yogyakarta yang tiga sumber air baku yaitu Mata Air Clereng, Waduk Sermo dan Sungai Progo. Maka dipilih titik sampling IPA unit Sentolo dengan sumber Sungai Progo, IPA unit Sermo dengan sumber Waduk Sermo dan IPA unit Sendangsari dengan sumber mata air Clereng. Pengambilan contoh uji ini mengacu pada SNI 7828 tahun 2012 tentang Pengambilan Contoh Air Minum dari Instalasi Pengolahan Air dan Sistem Jaringan Distribusi Perpipaan.

Pengujian contoh uji efluen PDAM Tirta Binangun dilakukan di lapangan dan laboratorium. Laboratorium yang digunakan ialah Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Pengujian contoh uji ini dilakukan dengan dua perlakuan yaitu dengan penyaringan (*dissolved sample*) dan tanpa penyaringan (*bulk sample*). Penyaringan dilakukan dengan menggunakan *Buchner* yang telah dipasang kertas saring dengan pori ukuran 0,45 µm.

Dalam penelitian ini menguji delapan parameter, yang empat diantaranya akan diuji di lapangan secara langsung ialah daya hantar listrik, kekeruhan, temperatur dan pH. Empat parameter selanjutnya ialah COD, nilai Permanganat, UV<sub>254</sub>, rasio UV<sub>3/4</sub> tergolong ke dalam parameter NOM.

**Tabel 1.** Acuan Pengujian Parameter dan Instrumen

| No | Parameter                 | Acuan Pengujian     | Instrumen                               |
|----|---------------------------|---------------------|---|
| 1  | Daya Hantar Listrik (DHL) | SNI 06-6989.1-2004  | LT Lutron YK-22CTA<br>LT Lutron YK-22CT |
| 2  | Kekeruhan                 | SNI 06-6989.25-2005 | LT Lutron Model TU-2016                 |
| 3  | Temperatur                | SNI 06-6989.23-2005 | LT Lutron YK-22CTA                      |

|   |                        |  |   |
|---|------------------------|--|---|
|   |                        |  | LT Lutron YK-22CT   |
| 4 | pH                     | SNI 06-6989.11-2004  | pHep by HANNA HI 98107                                    |
| 5 | UV <sub>254</sub>      | <i>Standard Methods for water and wastewater 22<sup>nd</sup> edition, section 5910</i>                   | Shimadzu Pharmaspecs UV-1700 UV-Visible Spectrophotometer |
| 6 | UV <sub>300</sub>      | <i>Standard Methods for water and wastewater 22<sup>nd</sup> edition, section 5910</i> dengan modifikasi | Shimadzu Pharmaspecs UV-1700 UV-Visible Spectrophotometer |
| 7 | UV <sub>400</sub>      | <i>Standard Methods for water and wastewater 22<sup>nd</sup> edition, section 5910</i> dengan modifikasi | Shimadzu Pharmaspecs UV-1700 UV-Visible Spectrophotometer |
| 8 | COD (Refluks tertutup) | SNI 06-6989.2-2004   |   |
| 9 | Nilai Permanganat      | SNI 06-6989.22-2004  |   |

Empat parameter NOM ini nantinya akan dihubungkan melalui metode regresi linier sederhana untuk melihat signifikansi antar variabel yang dipilih. Analisis regresi linier sederhana merupakan teknik statistik untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat (Putra, 2014). Dari metode tersebut, akan didapatkan fungsi hubungan dan koefisien determinasi ( $R^2$ )

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Parameter Lapangan

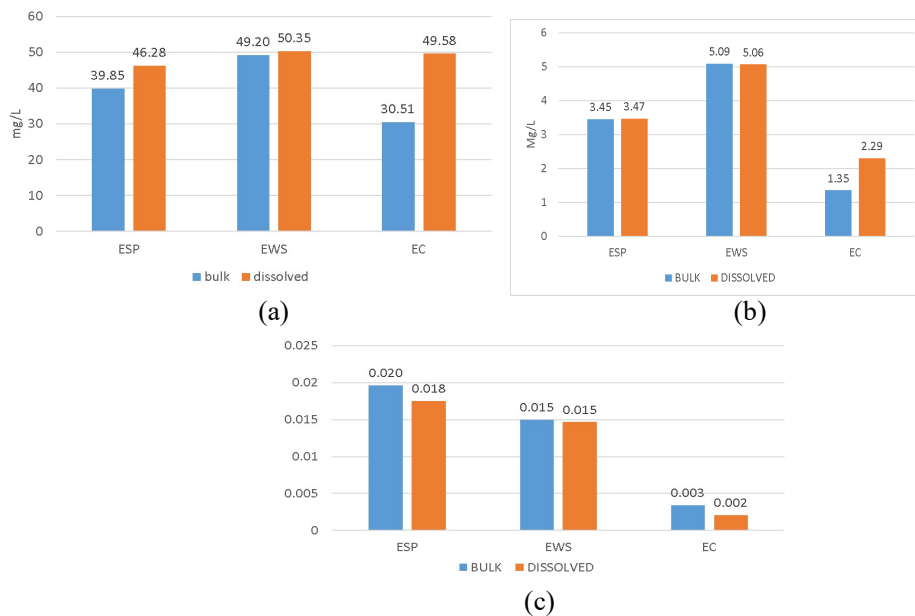
**Tabel 2.** Rekap Hasil Pengujian Parameter Lapangan

|                                  | PH   | KEKERUHAN (NTU) | DHL (μMHOS/CM) | SUHU (°C) |
|----------------------------------|------|-----------------|----------------|-----------|
| <b>EFLUEN SUNGAI PROGO (ESP)</b> | 6.95 | 0.84            | 295.44         | 27.73     |
| <b>EFLUEN WADUK SERMO (EWS)</b>  | 7.01 | 1.36            | 201.83         | 28.24     |
| <b>EFLUEN CLERENG (EC)</b>       | 6.78 | 0.46            | 558.17         | 29.33     |

Pada penelitian kali ini titik EWS memiliki nilai pH dan kekeruhan yang paling tinggi. Namun tidak ada perbedaan yang signifikan dengan titik ESP. Begitupun halnya dengan suhu, perbedaan nilai antara ESP dan EWS tidak terlalu signifikan. DHL tertinggi berada pada titik EC. Hal ini menunjukkan bahwa EC mengandung garam lebih tinggi dibandingkan dengan ESP dan EWS. Pada pengukuran parameter lapangan ini juga dipertimbangkan adanya variasi

musim. Diketahui pengambilan contoh uji dilakukan pada bulan Mei dan Agustus. Agustus merupakan bulan terkering dibandingkan bulan Mei. Tentunya hal ini akan mempengaruhi nilai yang didapatkan. Namun menurut Nouri dkk (2015) dalam penelitiannya, pH tidak terpengaruh dengan musim. Berbeda dengan pH, menurut Ngasifudin (1995), musim kering mengakibatkan konsentrasi ion-ion garam menjadi tinggi yang berdampak pada meningkatnya nilai DHL pada contoh uji. Kemudian perbedaan suhu dapat terjadi dikarenakan kedalaman air pada sumber contoh uji mengalami penyusutan sehingga suhu air mengalami penurunan. Hal ini selaras dengan Effendi (2003) mengatakan bahwa suhu suatu badan air dipengaruhi musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari, penutupan awan dan kedalaman perairan.

### 3.2 Parameter NOM

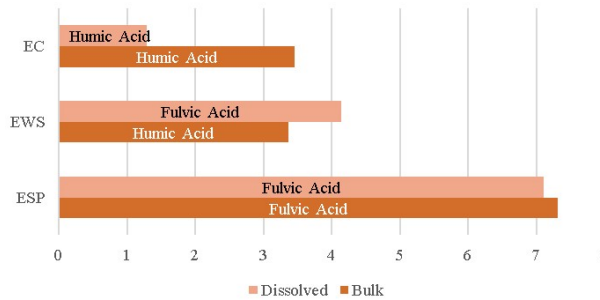


**Gambar 1.** Hasil Pengujian Parameter NOM : (a) COD; (b) Permanganat; (c) UV<sub>254</sub>

COD akan merepresentasikan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Tingginya angka COD akan merepresentasikan tingginya senyawa organik dalam contoh uji. Kalium organikate biasanya berperan sebagai oksidator dalam penentuan konsumsi oksigen dalam proses pengoksidasian bahan organik atau kandungan organik total atau *total organic matter* (TOM). EWS memiliki nilai paling tinggi di COD dan permanganate menandakan

memiliki kandungan organik paling tinggi. Kondisi *bulk* yang lebih rendah menandakan organik terlarut (*dissolved*) mendominasi.

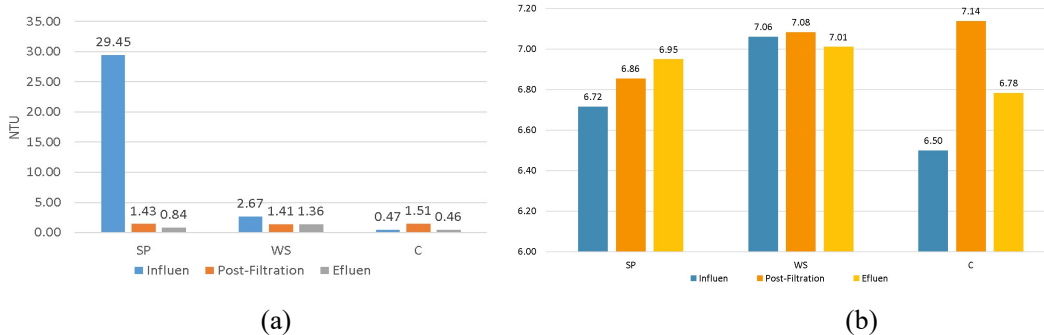
Panjang gelombang 254 nm menunjukkan kelompok senyawa organik dengan berbagai tingkatan aktivasi (Korshin dkk, 2009). Pada penelitian ini titik ESP memiliki nilai absorbansi paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa titik ESP memiliki kandungan senyawa aromatic paling banyak.

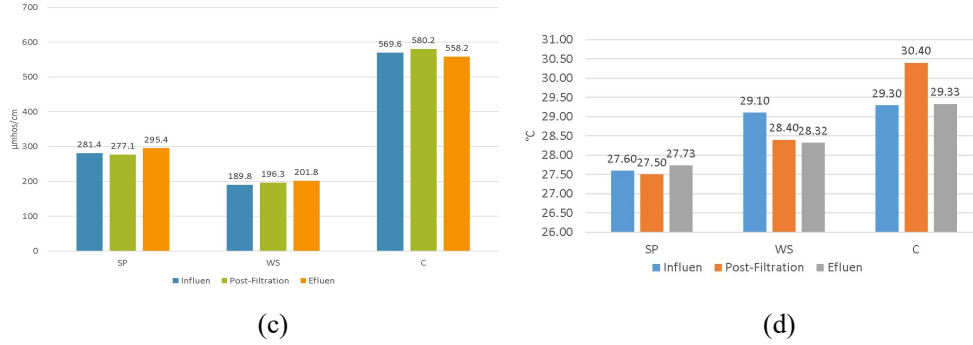


**Gambar 2.** Hasil Rasio UV<sub>3/4</sub> dan Karakteristiknya

Tidak ada perubahan karakter antara contoh uji *bulk* dan *dissolved* kecuali pada titik EWS. Dalam penelitian ini menemukan bahwa ESP didominasi oleh *fulvic acid*, EWS didominasi oleh *humic acid* dan *fulvic acid* kemudian EC didominasi oleh *humic acid*. Menurut Sururi dkk dalam penelitiannya di tahun 2018, menyebutkan bahwa rasio UV<sub>3/4</sub> merupakan representasi dari tingkat humifikasi dan aromatisasi suatu contoh uji di dalam air. Semakin kecil rasio UV<sub>3/4</sub>, maka semakin besar pula tingkat humifikasi pada contoh uji. Semakin senyawa organik di dalam air dikategorikan sebagai *humic acid*, tingkat humifikasi semakin tinggi. Maka dalam hal ini titik ESP baik dalam kondisi *bulk* dan *dissolved* memiliki tingkat humifikasi yang rendah.

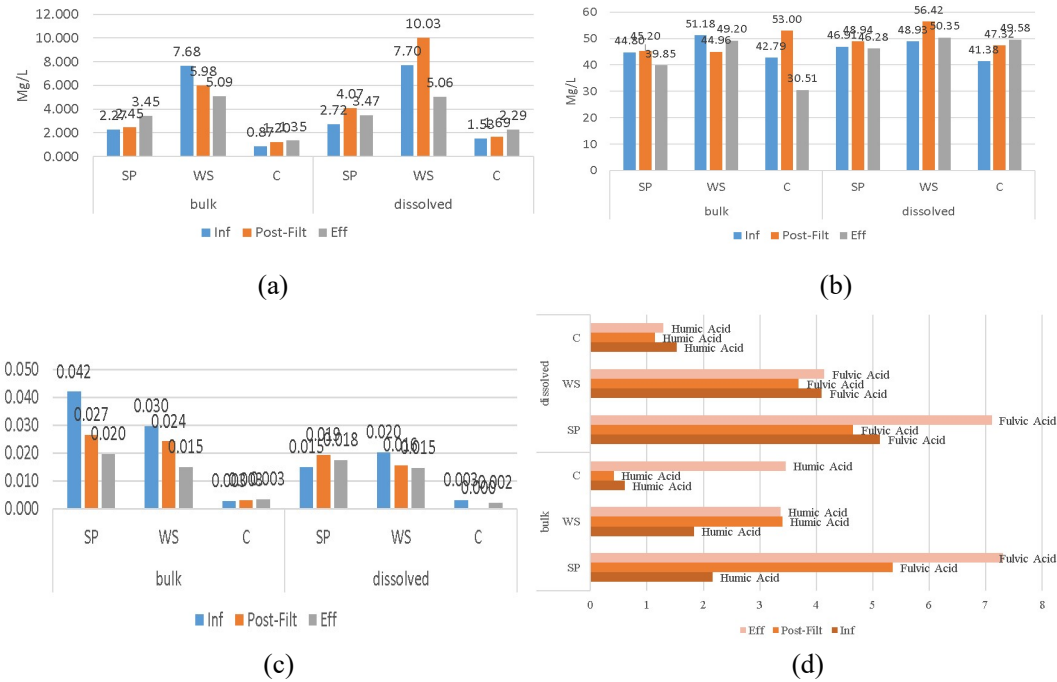
### 3.3 Perbandingan antar Stage IPA





**Gambar 3.** Hasil Pengujian Parameter Lapangan : (a) Kekeruhan; (b) pH; (c) DHL; (d) Suhu

Secara umum, tiap IPA mampu menurunkan angka kekeruhan, pH, DHL dan suhu. Hal ini terlihat adanya penurunan dari influen ke efluen. Air efluen dipengaruhi oleh *treatment* yang dilakukan sebelumnya. Seperti penambahan agen kimia sebagai koagulan ataupun disinfektan. Menurut Aziz dkk (2013), penambahan koagulan dan desinfektan akan mempengaruhi penurunan suhu dan pH.



**Gambar 4.** Hasil Pengujian Parameter Lapangan : (a) Permanganat; (b) COD; (c) absorbansi UV<sub>254</sub>; (d) Rasio UV<sub>3/4</sub>

Secara umum, tiap IPA mampu menurunkan nilai konsentrasi COD, permanganat, dan absoransi UV<sub>254</sub>. Hal ini terlihat adanya penurunan dari influen ke efluen. Air efluen dipengaruhi oleh *treatment* yang dilakukan sebelumnya. Seperti penambahan agen kimia



sebagai koagulan ataupun disinfektan. Menurut Aziz dkk (2013), penambahan koagulan dan disinfektan akan mempengaruhi penurunan COD dan nilai *total organic matter* (TOM). Rasio UV<sub>3/4</sub> menunjukkan kondisi *bulk* cenderung *humic acid* kecuali ESP, sedangkan kondisi *dissolved* cenderung *fulvic acid* kecuali EC. Namun *dissolved* cenderung lebih stabil dari *bulk* karena sifatnya tidak berubah antar *stage*.

Penelitian ini diketahui EWS memiliki nilai tertinggi pada parameter COD dan Nilai Permanganat baik dalam kondisi *bulk* maupun *dissolved*. Diketahui COD dan Nilai Permanganat merupakan parameter yang dapat merepresentasikan kandungan organik total di dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa titik EWS memiliki kandungan organik total yang paling tinggi dibandingkan dengan ESP dan EC.

Pada pengujian parameter UV<sub>254</sub> nilai absorbansi tertinggi berada di titik ESP. Diketahui parameter UV<sub>254</sub> merepresentasikan tingginya kandungan senyawa aromatic di dalam air. Penelitian ini menemukan bahwa titik EWS sebagai titik dengan kandungan organik tertinggi, namun organik tersebut tidak didominasi oleh senyawa aromatic. Organik di titik ESP justru didominasi oleh senyawa aromatic sehingga memiliki sifat aromatic yang lebih tinggi.

### 3.5 Hubungan antar Parameter NOM

| BULK  | UV3/4                      | UV254                      | KMnO4                      | COD | DISSOLVED | UV3/4                      | UV254                      | KMnO4                      | COD |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| COD   | 0,2333<br>0,0001<br>0,1550 | 0,0030<br>0,1958<br>0,4827 | 0,1770<br>0,4810<br>0,4712 | 1   | COD       | 0,2545<br>0,0619<br>0,0387 | 0,4827<br>0,1947<br>0,2762 | 0,6835<br>0,0500<br>0,0068 | 1   |
| KMnO4 | 0,1498<br>0,1810<br>0,0081 | 0,3515<br>0,6275<br>0,2977 | 1                          |     | KMnO4     | 0,0343<br>0,4794<br>0,1334 | 0,0253<br>0,3866<br>0,0939 | 1                          |     |
| UV254 | 0,1074<br>0,4441<br>0,2242 | 1                          |                            |     | UV254     | 0,2221<br>0,6822<br>0,1642 | 1                          |                            |     |
| UV3/4 | 1                          |                            |                            |     | UV3/4     | 1                          |                            |                            |     |

— Efluen Sungai Progo  
— Efluen Waduk Sermo  
— Efluen Clereng

(a)

— Efluen Sungai Progo  
— Efluen Waduk Sermo  
— Efluen Clereng

(b)

**Gambar 5.** Rekap Nilai Koefisien Determinasi pada Tiap Titik : (a) *bulk*; (b) *dissolved*

Pada penelitian ini ditemukan adanya hubungan yang cukup kuat. COD-KMnO<sub>4</sub> di titik ESP *dissolved* memiliki nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,6835. Kemudian ditemukan pula hubungan yang

cukup kuat  $\text{KMnO}_4\text{-UV}_{254}$  di titik EWS dalam kondisi *bulk* dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,6275. Perbedaan nilai ini bergantung pada karakteristik organik pada tiap titik.

#### 4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Titik ESP diketahui memiliki nilai COD dan permanganate, parameter yang dianggap mampu merepresentasikan organik total, cukup tinggi sebesar 39,85 ppm dan 3,45 ppm. Dengan nilai absorbansi  $\text{UV}_{254}$  tertinggi menggambarkan kandungan senyawa organik aromatik yang tinggi pula. Rasio  $\text{UV}_{3/4}$  menggambarkan bahwa titik ESP tergolong sebagai *fulvic acid*. Titik EWS diketahui memiliki nilai COD dan permanganate, parameter yang dianggap mampu menggambarkan organik total, paling tinggi sebesar 49,20 ppm dan 5,09 ppm. Dengan nilai absorbansi  $\text{UV}_{254}$  tertinggi kedua menggambarkan kandungan senyawa organik aromatik yang tinggi pula. Rasio  $\text{UV}_{3/4}$  menggambarkan bahwa titik ESP tergolong sebagai *humic acid* dan *fulvic acid*. Titik EC diketahui memiliki nilai COD dan permanganate, parameter yang diukur untuk mengetahui konsentrasi organik total, paling rendah sebesar 30,51 ppm dan 1,35 ppm. Dengan nilai absorbansi  $\text{UV}_{254}$  paling rendah menggambarkan kandungan senyawa organik aromatik yang tidak terlalu tinggi. Rasio  $\text{UV}_{3/4}$  menggambarkan bahwa titik ESP tergolong sebagai *humic acid*.
2. Hubungan antar parameter NOM memiliki besaran hubungan yang berbeda-beda sebagai akibat adanya perbedaan karakteristik organik air yang dikandung di tiap titik pengujian. Ditambah dengan tingkat efisiensi IPA pada tiap titik yang berbeda pula.

#### 5. SARAN

Dalam penelitian ini memberikan saran bahwa :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait karakterisasi organik supaya hasil yang didapatkan lebih komprehensif.
  2. Perlu adanya peningkatan kemampuan IPA agar organik air tersisih maksimal dengan harapan tidak adanya precursor yang akan menyebabkan *disinfection by-product*.
-

- 
3. Mengganti disinfektan kaporit dengan ozon supaya tidak adanya reaksi klorin dengan organik air sehingga tidak berpotensi membentuk *disinfection by-product*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, G., & Cotsaris, E. 1995. *Soil and Hydrology: Their Effect on NOM*. Journal-American Water Works Association, 87(1), 36-45.
- Amy, G., Bull, R., Craun, G.F., Pegram, R.A., Siddiqui, M. and World Health Organization, 2000. *Disinfectants and disinfectant by-products*.
- An, Dong, Bin Gu, Sainan Sun, Han Zhang, Yanan Chen, Huifeng Zhu, Jian Shi, Jun Tong. 2017. *Relationship between THM/NDMA Formation Potential and Molecular Weight of Organic Compounds for Source and Treated Water in Shanghai, China*. Journal Science of Total Environment 605-605 (2017) 1-8.
- Artinger, R., Buckau, G., Geyer, S., Fritz, P., Wolf, M., & Kim, J. I. 2000. *Characterization Of Groundwater Humic Substances: Influence of Sedimentary Organic Carbon*. Applied Geochemistry, 15(1), 97-116.
- Bagoth, Saeed Abdallah. 2012. *Characterizing Natural Organic Matter in Drinking Water Treatment Processes and Trains*. Dissertation. Delfi : Master of Science in Sanitary Engineering UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Aziz, T., Pratiwi, D. Y., & Rethiana, L. 2013. *Pengaruh Penambahan Tawas Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dan Kaporit Ca (OCl)<sub>2</sub> terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro*. Jurnal Teknik Kimia, 19(3).
- Badan Standarisasi Indonesia. 2012. *SNI 7828:2012 tentang Pengambilan Contoh Air Minum dari Instalasi Pengolahan Air dan Sistem Jaringan Distribusi Perpipaan*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Indonesia. 2004. *SNI 06-6989.1-2004 tentang Cara Uji Daya Hantar Listrik (DHL)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Indonesia. 2005. *SNI 06-6989.25-2005 tentang Cara Uji Kekeruhandengan Nefelometer*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Indonesia. 2005. *SNI 06-6989.23-2005 tentang Cara Uji Suhu dengan Termometer*. Jakarta.
-

- Badan Standarisasi Indonesia. 2004. *SNI 06-6989.11-2004 tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH Meter*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Indonesia. 2004. *SNI 06-6989.2-2004 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Indonesia. 2004. *SNI 06-6989.22-2004 tentang Cara uji nilai permanganat secara titrimetric*. Jakarta.
- Budiyono dan Siswo Sumardiono. 2013. *Teknik Pengolahan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Chaulk, M., & Sheppard, G. 2011. *Study on Characteristics and Removal of Natural Organic Mater in Drinking Water Systems in Newfoundland and Labrador*. Newfoundland Labrador Department of Environment and Conservation Division WM; August 2011. Report No. Contract, (103047.00).
- Chow, C. W. K., Van Leeuwen, J. A., Drikas, M., Fabris, R., Spark, K. M., & Page, D. W. 1999. *The Impact Of The Character of Natural Organic Matter in Conventional Treatment With Alum*. *Water Science and Technology*, 40(9), 97-104.
- Dachriyanus, D. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik secara Spektroskopi*. Padang : Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas
- Darnoto, S., dan Astuti, D. 2009. *Pengaruh Penambahan Poly Aluminium Chloride (PAC) terhadap Tingkat Kekeruhan, Warna, dan Total Suspended Solid (TSS) pada Leachate (Air Lindi) di TPAS Putri Cempo Mojosongo Surakarta*.
- Filella, M. 2009. *Freshwaters: which NOM matters?*. *Environmental chemistry letters*, 7(1), 21-35.
- Fondriest Environmental, Inc. 2014. *Fundamentals of Environmental Measurements : Turbidity, Total Suspended Solids and Water Clarity*. <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/>. (6 Oktober 2018).
- Hadi, S. 2015. *Metodologi riset*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
-

- 
- Her, N., Amy, G., Sohn, J., dan Gunten, U. 2008. *UV Absorbance Ratio Index With Size Exclusion Chromatography (Uri-Sec) as an NOM Property Indicator*. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 57(1), 35-44.
- Korshin, G., Chow, C. W., Fabris, R., dan Drikas, M. 2009. *Absorbance Spectroscopy-Based Examination of Effects Of Coagulation on The Reactivity of Fractions of Natural Organic Matter with Varying Apparent Molecular Weights*. Water Research, 43(6), 1541-1548.
- Lee, Duu-Jong, Ya-Ling Cheng, Rue-Jyun Wong. 2012. *Characteristics of Natural Organic Matters in Raw and Treated Drinking Water : Comparison Study*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 44.
- Leenheer, Jerry A., and Jean-Philippe Croué. 2003. *Peer Reviewed: Characterizing Aquatic Dissolved Organic Matter*. 18A-26A.
- Lindu, M. *Penyisihan Organik dan Kekeruhan Air Sumur dalam Usakti Menggunakan Saringan Langsung Media Ganda*.
- Maria, R., Lestiana, H., dan Mulyono, A. 2008. *Analisa Daya Dukung Waduk Dilihat dari Hubungan Parameter Fisika-Kimia Air terhadap Parameter Nutrien Menurut Perbedaan Musim*. Prosiding Geoteknologi LIPI.
- Masduqi, Ali dan Abdu F. Assomadi. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya : ITS Press.
- Matilainen, A., Gjessing, E. T., Lahtinen, T., Hed, L., Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. 2011. *An Overview of The Methods Used in The Characterisation of Natural Organic Matter (NOM) in Relation To Drinking Water Treatment*. Chemosphere, 83(11), 1431-1442.
- Nduru, Riang Enjelita, Marihat Situmorang, Gim Tarigan. 2014. *Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di Deli Serdang*. Sainia Matematika, Volume 2.1: 71-83.
- Nouri, A., Shahmoradi, B., Dehestani-Athar, S., dan Maleki, A. 2015. *Effect of Temperature on pH, Turbidity, and Residual Free Chlorine in Sanandaj Water Distribution Network, Iran*. Journal of Advances in Environmental Health Research, 3(3).
-

- Putra, E. 2014. *Pengaruh Harga terhadap Kepuasan Konsumen pada Citra Swalayan dengan Variabel Intervening Service Quality*. e-Jurnal Apresiasi Ekonomi, 2(2).
- Pérez-Pavón, José Luis, Sarra Herrero-Martin, Carmelo Garcia Pinto, Bernardo Moreno Cordero. 2008. *Determinaion of Trihalometans in Water Samples : A Review*. Journal Analytica Chimica ACTA 629 (2008) 6-23.
- Ristoiu, Dumitru, Urs Von Gunten, Melinda Haydee Kovacs, Romeo Chira. *Factors Affecting THM Formation in the Distribution System of Cluj, Romania*. Proceedings of Swiss-Romanian Research Programme on Environmental Science and Technology (ESTROM).
- Rice, E.W., Baird R.B., Eaton L.S. 2012. *Section 5910 UV-Absorbing Organic Constituents Standard Methods for The Examination of Water And Waste Water, 22nd Edn*. Washington DC : American Public Health Association.
- Sururi, Mohammad Rangga, Dwina Roosmini dan Suprihanto Notodarmojo. 2018. *Chromophoric and liability quantification of organic matters in the polluted rivers of Bandung watershed, Indonesia*. Institut Teknologi Bandung, Environmental Engineering Department, Ganesha 10 Bandung, Indonesia
- Takashi, Yasuo, Sukeo Onodera, Masatoshi Morita, Yoshiyasu Terao. 2002. *A Problem in the Determination of Trihalometan by Headsace-Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. Journal of Health Science 49.
- Tang, Wang-Wang, Guang-Ming Zeng, Ji-Lai Gong, Jie Liang, Piao Xu, Chang Zhang, and Bin-Bin Huang. 2014. *Impact Of Humic/Fulvic Acid on The Removal of Heavy Metals From Aqueous Solutions Using Nanomaterials: A Review*. Science of the total environment 468 : 1014-1027.
- Thurman, E. M. 2012. *Organic Geochemistry of Natural Waters (Vol. 2)*. Colorado : Springer Science & Business Media.
- Triyati, E. 1985. *Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya dalam Oseanologi*. Jurnal Oseana, 10(1), 1877.
- Wershaw, R. L., Leenheer, J. A., & Cox, L. G. 2005. *Characterization of Dissolved and Particulate Natural Organic Matter (NOM) in Neversink Reservoir, New York*.
-

World Health Organization. 2005. *Trihalometans in Drinking-water : Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*

Zulfikar. 2008. *Kimia Kesehatan untuk SMK*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nas

---