KARAKTERISASI *NATURAL ORGANIC MATTER* (NOM) PADA AIR *POST-FILTRATION* PDAM TIRTA BINANGUN KULON PROGO, D.I. YOGYAKARTA

Salli Atika Noor Rahma[1], Oktober 2018

[1]Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Salliatika@engineer.com

Keywords:

NOM,
Post-filtration,
River.
Reservoir,
Spring.

Natural organic matter is an organic compound formed from natural reaction process, such as microorganism activity (aquatic life) and degradation of death plants and animal. NOM can be found in every type of water sources, both of groundwater and surface water. NOM existence began to attract attention, since it can react with chlorine and form carcinogenic compound for humans. This kind of interaction is normally can be found in disinfection process on water treatment plant in every drinking water company, including in Indonesia. This research intends to analyze the amount of NOM and also characterize it in post-filtration water sample from three kind of water sources used by Tirta Binangun Kulon Progo regional drinking water company, that is Progo river, Sermo reservoir, and Clereng spring. NOM will be represented by COD, KMnO4, UV254, and UV3/4 for each filtered and unfiltered sample, respectively. Correlation among the NOM parameters would also discuss in this research. The results show that each water sources tend to have different dominance of NOM parameters. Sermo reservoir got the highest NOM on KMnO4 and COD, Progo river got the highest NOM by UV254 while the UV3/4 ratio show the majority of fulvic acid fraction, and Clereng Spring got the highest NOM on COD along with the UV3 / 4 ratio that shows the majority of humic acid fraction in it. There are no significant changes that Water Treatment Plant can give to reduce the amount of NOM in samples. Based on correlation between NOM parameters, a strong positive correlation was found on COD-UV254 in Progo river WTP and Clereng spring WTP, KMnO4-UV3 / 4 in Clereng spring WTP, also UV254-UV3 / 4 in Clereng Spring WTP.

Kata Kunci:

NOM,
Post-filtration,
Sungai,
Waduk,
Mata Air.

Natural organic matter (NOM) merupakan senyawa organik yang terbentuk dari proses reaksi alam, seperti aktivitas mikroorganisme dan pelapukan tumbuhan maupun hewan yang telah mati. NOM dapat dijumpai di segala jenis perairan tanah dan permukaan. Keberadaan NOM mulai mencuri perhatian ketika reaksi antara NOM dengan klorin diketahui dapat menghasilkan senyawa kimia yang karsinogenik bagi manusia. Interaksi antara NOM dengan klorin umum dijumpai pada unit proses Disinfeksi pada setiap perusahaan air minum, tak terkecuali di Indonesia. Penilitian ini bermaksud untuk menganalisis kandungan NOM serta mengkaji karakteristiknya pada air yang sudah terolah hingga proses filtrasi dari tiga jenis sumber air utama PDAM Tirta Binangun Kulon Progo, yaitu Sungai Progo, Waduk Sermo, dan Mata Air Clereng. Keberadaan dan karakteristik NOM direpresentasikan dengan COD, $KMnO_4$, UV_{254}, dan $UV_{3/4}$ masing-masing untuk sampel yang disaring dan tidak disaring. Selain karakteristik, hubungan antar parameter representasi NOM juga dianalisis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa masing-masing sumber air memiliki kecenderungan konsentrasi NOM pada parameter yang berbeda. Waduk Sermo unggul pada konsentrasi $KMnO_4$, Sungai Progo unggul pada parameter UV_{254} serta rasio $UV_{3/4}$ yang menunjukkan fraksi asam fulvat, sedangkan Mata Air Clereng unggul pada konsentrasi COD serta rasio $UV_{3/4}$ yang menunjukkan fraksi asam humat. Instalasi Pengolahan Air tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap penyisihan NOM. Berdasarkan hubungan antar parameter organik, diperoleh adanya hubungan yang kuat antara COD – UV_{254} pada sampel *post-filtration* IPA Sungai Progo dan IPA Mata Air Clereng, serta $KMnO_4$ – $UV_{3/4}$ dan UV_{254} – $UV_{3/4}$ pada sampel *post-filtration* IPA Mata Air Clereng.

1. Pendahuluan

NOM sebagai salah satu substansi penyusun air (Reckhow, 2015) dapat dijumpai pada sungai, danau, mata air, rawa, hingga laut, dalam berbagai bentuk alam seperti partikel tersuspensi, partikel terlarut, koloid, volatil, dan lain sebagainya (Thurman, 1985). NOM terbentuk dari reaksi penguraian makhluk hidup permukaan tanah *(terrestrial)*, hasil aktivitas biota di zona perairan *(aquatic)*, hingga hasil buangan aktivitas manusia. Sumber yang beragam menjadikan NOM sebagai campuran senyawa kimia organik yang sangat kompleks, terbentuk dari proses interaksi biologis, hidrologis dan geologis alam (Sillanpää, et al., 2017).

Sebuah penelitian oleh Ristoui (2011) menunjukkan bahwa NOM dapat menjadi prekusor senyawa *disinfection by products* (DPBs) ketika bereaksi dengan klorin, seperti trihalomethanes (THMs), dimana THMs merupakan senyawa karsinogenik pada manusia (Pavón, et al., 2008). Reaksi antara NOM dengan klorin dalam air umumnya terjadi pada proses pengolahan air minum yang menggunakan desinfektan berbahan dasar klorin pada unit proses Disinfeksinya.

Berbeda dengan unit disinfeksi, proses koagulasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) diketahui dapat menyisihkan NOM dan telah diaplikasikan secara luas diberbagai negara. Meskipun begitu, efektivitas proses koagulasi pada unit pengolahan air masih perlu untuk dikaji sejak kinerjanya tergantung pada jenis koagulan yang digunakan (Sillanpää, et al., 2017).

Diantara beberapa PDAM di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, PDAM Kulon Progo merupakan salah satu PDAM terbesar yang menggunakan 3 jenis sumber air baku, yaitu waduk, sungai, dan mata air. Ketiga sumber tersebut masih dikelilingi kawasan yang asri dan tak jauh dari kegiatan/aktivitas penduduk lokal di sekitarnya, sehingga kondisi ini turut memberikan kemungkinan adanya kandungan zat organik/senyawa humus yang tinggi pada setiap sumber air baku PDAM tersebut.

Penelitian ini bermaksud untuk menganalisis kandungan NOM dan mengkaji karakteristiknya pada air yang sudah terolah hingga proses filtrasi dari tiga jenis sumber air, yaitu sungai, waduk, dan mata air. Pengetahuan dan penelitian mengenai keberadaan NOM di Indonesia masih sangat sedikit dan jarang ditemukan, sehingga perhatian terhadap topik ini menjadi penting sebagai bentuk pencegahan terhadap dampak gangguan kesehatan masyarakat serta upaya untuk pengembangan sistem pengelolaan air minum Indonesia yang lebih baik.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Lokasi penelitian

Penelitian berlokasi di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Binangun Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi pengambilan sampel air berada di tiga unit IPA, dimana masing-masing IPA merepresentasikan sumber air yang berbeda. IPA Progo merepresentasikan sumber air Sungai Progo, IPA Sermo merepresentasikan sumber air Waduk Sermo, dan IPA Sendang Sari merepresentasikan Mata Air Clereng. Pengujian sampel air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta. Pengambilan dan pengujian sampel air dilakukan pada periode Mei 2018 hingga Agustus 2018.

2.2 Pengambilan & Pengujian Sampel Air

Pengambilan sampel air mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI 7828: 2012) tentang Kualitas Air – Pengambilan Contoh – Bagian 5: Pengambilan Contoh Air Minum dari

Instalasi Pengolahan Air dan Sistem Jaringan Distribusi Perpipaan serta ISO 5667-3: *Water quality - Sampling Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples*. Sampel air yang diambil berupa air *post-filtration*, yaitu air yang telah melalui serangkaian proses pengolahan pada IPA hingga unit filtrasi, namun belum mengalami disinfeksi. Titik pengambilan berupa keran/pipa control yang terdapat pada unit filtrasi atau setelahnya, sebelum air melalui injeksi disinfektan.

Tabel 1. Parameter Uji Lapangan dan Organik

No	Parameter	Metode/Alat	Satuan	Acuan
1	pH	pH meter	-	SNI 06-6989.11-2004
2	Suhu	Konduktimeter	ºC	SNI 06-6989.23-2005
3	Kekeruhan	Nefelometer	NTU	SNI 06-6989.25-2005
4	Daya Hantar Listrik	Konduktimeter	µmhos /cm	SNI 06-6989.1-2004
5	COD	Spektrofotometri	mg/L	SNI 06-6989.2-2004
6	$KMnO_4$	Titrimetri	mg/L	SNI 06-6989.22-2004
7	UV_{254}	Spektrofotometri	-	*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd edition, section* 5910
8	$UV_{3/4}$	Spektrofotometri	-	*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd edition, section* 5910 dengan modifikasi

2.3 Analisa Data

Hubungan antar parameter organik dianalisis dengan metode regresi linier sederhana, dimana r^2 menunjukkan besaran pengaruh yang terjadi antara keduanya. Nilai keofisien determinasi (r^2) berada pada kisaran $0 < R^2 < 1$.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Fisik & Kimia Air

Tabel 2. Kondisi Fisik Kimia Air

Sampel	Kekeruhan	pH	DHL	Suhu
PF WS	1,41	7,08	196,3	28,4
PF SP	1,43	6,86	227,1	27,5
PF C	1,51	7,14	580,2	30,4

a. Kekeruhan

Apabila melihat nilai rerata dari setiap titik sampel (Tabel 2), air *post-filtration* IPA Sendang Sari memiliki titik kekeruhan paling tinggi namun juga memiliki titik kekeruhan paling rendah. Selain musim dan kondisi sumber, kekeruhan air *post-filtration* juga tidak lepas dari pengaruh unit pengolahan airnya. Seperti diketahui bahwa ketiga IPA memiliki bentuk pengolahan air yang berbeda, sehingga hal tersebut ikut mempengaruhi efektifitas penurunan kekeruhan dari sumber. Pada IPA Sendang Sari, IPA tidak dioperasikan selama periode pengambilan sampel, sehingga tinggi rendahnya kekeruhan dapat terjadi akibat pengaruh utilitas distribusi air.

Terkait keberadaan NOM, zat organik dalam air dapat ditemukan dalam 13 bentuk yang berbeda, salah satunya SOC (*Suspended Organic Carbon*) dan COM (*Colloidal Organic Matter*) namun kedua bentuk tersebut memiliki prosestase yang sangat rendah dibandingkan bentuk NOM yang lainnya (Thurman, 1985). Kekeruhan menitikberatkan pengukuran berdasarkan koloid yang terkandung di dalamnya, sedangkan zat organik dalam air yang berwujud koloid berada pada konsentrasi yang sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kekeruhan tidak memiliki fungsi yang sangat kuat sebagai parameter zat

organik, namun dapat berpotensi untuk turut mengindikasikan keberadaan zat organik dalam air.

b. pH

Selain itu, Tabel 2 juga meninjukkan bahwa ketiga sampel memiliki nilai pH yang masih berada pada rentang normal, yaitu 6,5 – 8,5. Tidak adanya proses pengolahan air di IPA Sendang Sari, menyebabkan kondisi pH pada IPA menjadi sangat bengantung pada kondisi sumber airnya. Tingkat pH pada air tanah umumnya dipengaruhi oleh jenis tanah dan batuan yang terdapat disekitarnya, dimana dalam ketiadaan mineral sulfida besi, pH air tanah biasanya berkisar 6,0 hingga 8,5 (Fisher, 2002). Mata air Clereng berada di kecamatan Pengasih yang secara geologi memiliki jenis tanah latosol (Kulon Progo Regency, 2005). Karakteristik tanah yang cenderung mengandung senyawa basa, mungkin menjadi penyebab keunggulan pH sampel IPA Sendang Sari dari dua sumber lainnya. Meski begitu, nilai pH air *post-filtration* IPA Sendang Sari masih berada pada rentang pH perairan yang diperbolehkan untuk kehidupan biota perairan (Effendi, 2003).

Menurut Effendi (2003), ion hidrogen bersifat asam dan pengukuran pH air digambarkan oleh keberadaan ion hidrogen (H^+) bebas yang terkandung dalam air. Sedangkan zat organik merupakan kumpulan senyawa yang pada dasarnya mengandung ion-ion atau unsur organik alam seperti karbon, nitrogen, sulfur, hidrogen, dan fosfor. Hal ini menunjukkan bahwa nilai derajat keasaman (pH) tidak dapat mengindikasikan keberadaan senyawa organik secara langsung, namun kondisi pH air dapat mempengaruhi reaksi kimia, toksisitas senyawa, dan proses biokimia dalam air (Effendi, 2003).

c. Konduktivitas/DHL

Terkait nilai DHL, Tabel 2 kembali menunjukkan dominasi konduktivitas IPA Sendang Sari dari dua sumber lainnya. Tingginya nilai DHL pada mata air dapat disebabkan oleh paparan batu yang berkontribusi terhadap ion dalam waktu cukup lama (PASCO, 2010). Mata Air Clereng diketahui memiliki fasies (karakter partikel & kimia tanah) Kalsium Alkali Bikarbonat yang menunjukkan bahwa sumber air tanah berasal dari air tanah yang melewati satuan litologi andesit dan breksi andesit sebagai ion alkali, serta litologi batugamping pasiran sebagai sumber ion kalsium dan bikarbonatnya (Mardianto, 2018). Boy-Roura (2013) juga mengungkapkan bahwa pada musim dengan curah hujan yang kecil, proses infiltrasi air tanah dari permukaan akan terjadi pada jumlah dan debit yang kecil. Hal tersebut mengakibatkan interaksi antara air dan tanah batuan akan berlangsung lebih lama dan dalam tingkat pengenceran yang terbatas. Karakteristik tanah dan lamanya interaksi air dengan tanah batuan menjadi dua faktor utama penyebab tingginya nilai konduktivitas sampel IPA Sendang Sari.

d. Suhu

Adapun suhu ketiga sampel IPA pada Tabel 2 menunjukkan suhu air yang relatif tinggi namun masih berada pada rentang suhu normal perairan untuk kehidupan biota air. Suhu tertinggi terdapat pada sampel IPA Sendang Sari (Mata Air Clereng). Tingginya suhu pada air *post-filtration* IPA Sendang Sari mungkin terjadi akibat sarana utilitas pengangkut dan distribusi air dari *intake* memiliki jalur yang terbuka terhadap paparan sinar matahari. Selain itu, berdasarkan waktu pengambilan sampel air, pengambilan sampel *posr-filtration* IPA Sendang Sari dilakukan pada siang hari dimana intensitas radiasi pada siang hari lebih besar dibandingkan pada pagi hari dan sore hari (Mawardi & Sudaryono, 2008). Berbeda dengan IPA Sermo dan IPA Progo,

dimana IPA yang digunakan cenderung tertutup dan beratap serta terbatas dari paparan sinar matahari, sehingga suhu sampel air keduanya cenderung lebih rendah. Suhu tidak dapat mempengaruhi keberadaan NOM secara langsung, namun penguraian senyawa organik sebagai asupan metabolisme biota air akan semakin meningkat seiring peningkatan suhu perairannya (Penru, et al., 2011).

3.2 Karakteristik Organik Air

Tabel 3. Hasil Uji Parameter NOM

	PF WS		PF SP		PF C	
	B	D	B	D	B	D
COD	44,9	56,4	46,3	48,9	53,0	47,3
NP	5,98	10,05	2,57	4,07	1,37	1,69
UV_{254}	0,024	0,016	0,027	0,019	0,004	0,002
$UV_{3/4}$	3,4	3,6	5,3	4,6	0,7	1,3

**) PF: Pots-Filtration; WS: Waduk Sermo; SP: Sungai Progo; C: Clereng; NP: Nilai Permanganat*

**) Shimadzu Pharmaspec UV-1700 UV-Visible Spectrophotometer*

a. COD

Konsentrasi COD sampel *bulk* paling tinggi terdapat pada IPA Sendang Sari (Clereng) dan paling rendah terdapat pada IPA Sermo (Waduk Sermo). Sebaliknya, konsentrasi COD sampel *dissolved* paling tinggi terdapat pada IPA Sermo dan konsentrasi paling rendah terdapat pada IPA Sendang Sari. Berbeda dengan COD *bulk*, Thurman (1985) dalam bukunya menuliskan bahwa umumnya bahan organik pada danau/waduk (eutropis) memiliki konsentrasi lebih tinggi dibanding sungai dan mata air. Meskipun begitu, setiap sampel telah mengalami pengolahan air secara fisik-kimia (kecuali IPA Sendang Sari) yang mungkin turut mempengaruhi konsentrasi NOM dalam air, salah satunya koagulasi (Sillanpää, et al., 2017).

Apabila dikaitkan pada kondisi lapangan fisik-kimia air, sampel IPA Sendang Sari memiliki nilai kekeruhan, konduktivitas, pH, dan suhu yang paling tinggi dari dua jenis sumber lainnya. Tingginya konduktivitas mengindikasikan tingginya konsentrasi garam dan mineral anorganik yang mungkin ikut teroksidasi oleh oksidator kalium dikromat. Hal ini terlihat pada konsentrasi COD sampel *dissolved* yang ikut mengalami pengingkatan pada saat suhu dan nilai konduktivitas meningkat. Hal ini tidak terlepas dari fakta bahwa DHL dan COD sampel *dissolved* berfokus pada objek yang sama, yaitu *dissolved matter* (partikel terlarut) baik itu senyawa organik maupun anorganik. Sebagaimana pH mempengaruhi reaksi kimia dalam air, kesamaan pola juga terlihat pada nilai pH dengan COD sampel *bulk*, dimana penurunan dan peningkatan derajat keasaman pada bulan Agustus diikuti dengan fluktuasi yang sama pada konsentrasi COD sampel *bulk*.

b. Nilai Permanganat ($KMnO_4$)

Terlihat adanya keseragaman antara nilai permanganat *bulk* dan *dissolved* dimana keduanya menunjukkan konsentrasi tertinggi terdapat pada IPA Sermo, kemudian IPA Progo, dan terendah pada IPA Sendang Sari. Hasil ini turut menunjukkan bahwa waduk mengandung bahan organik yang lebih tinggi dari sungai dan mata air. Jenis peraian permukaan seperti danau, sungai dan mata air, umumnya mengandung NOM yang berasal dari dekomposisi bahan organik tanah *(allochthonous)*, organik yang terbentuk dari aktivitas dalam air itu sendiri *(autochthonous)*, serta senyawa organik yang terbentuk sebagai hasil dari aktivitas manusia (Filella, 2008).

Terkait kondisi sumber air, Waduk Sermo berada di kawasan yang masih asri, dikelilingi oleh beragam tutupan vegetasi serta cukup jauh dari pemukiman penduduk yang padat. Tidak adanya aliran atau perpindahan air memberikan waktu tinggal yang lama bagi bahan organik di

dalamnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemungkinan sumber utama NOM pada IPA Sermo adalah dekomposisi bahan organik dari tanah serta hasil aktivitas biota air didalamnya, atau dalam kata lainsumber *allochthonous* dan *autochthonous*.

Apabila dibandingkan dengan Sungai Progo dan Mata Air Clereng, walaupun dikelilingi lingkungan yang asri, keduanya cukup dekat dengan pemukiman penduduk, sehingga terdapat kemungkinan bahwa aktivitas masyarakat turut menjadi sumber NOM pada sumber airnya. Meskipun begitu, perairan seperti sungai cenderung memiliki aliran air yang memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain sehingga NOM dalam air cenderung memiliki waktu tinggal yang singkat. Adapun perairan mata air berada jauh dari permukaan tanah dan NOM yang terkandung di dalamnya memiliki waktu tinggal hingga mencapai hitungan ratusan tahun (Thurman, 1985). Kondisi ini menunjukkan bahwa sumber NOM pada Sungai Progo mungkin didominasi oleh sumber dekomposisi dari tanah atau *allochthonous*, sedangkan Mata Air Clereng cenderung bersumber dari kehidupan air didalamnya atau *autochthonous*.

c. UV gelombang 254 nm

Nilai bsorbansi baik *bulk* maupun *dissolved* tertinggi berasal dari IPA Progo dan terendah IPA Sendang dari. Kesamaan hasil pada kedua jenis sampel menunjukkan konsistensi bahwa sampel IPA Progo mengandung bahan organik aromatik lebih tinggi dari sampel IPA Sermo dan IPA Sendang Sari. Holman dalam penelitiannya mengemukakan bahwa senyawa aromatik yang direpresentasikan dengan karbon isotop ($\delta^{13}C$) dapat diklasifikasikan dari tiga jenis sumber, yaitu minyak, sedimen, dan emisi atmosfer. Disamping itu, senyawa aromatik juga dikatakan menjadi unsur penting pada sedimen *organic matter* (OM) (Holman & Grice, 2018).

Dalam hal ini, senyawa aromatik tidak terbentuk dari proses biosintesis (proses yang dikatalisis oleh enzim) oleh organisme, tetapi dari prekursor alami pada proses perubahan diagenesis (perubahan sedimen atau batuan sedimen menjadi batuan sedimen yang berbeda), pembakaran alami, dan emisi antropogenik (Holman & Grice, 2018). Penelitian lain juga menyebutkan bahwa aktivitas pertanian, utamanya yang melibatkan pembakaran biomasa, dapat memicu dan mempengaruhi keberadaan *polycyclic aromatic hydrocarbon* (PAH) sebagai salah satu senyawa organik aromatik yang terbentuk dari pembakaran tidak sempurna oleh bahan organik dan bahan bakar serta bersifat karsinogenik bagi manusia. PAH yang terbentuk dari pembakaran biomasa dan batu bara umumnya ditemukan pada kawasan pinggiran kota dan pabrik insinerasi (Liu, et al., 2018).

Belum dapat diketahui secara pasti sumber utama yang menyebabkan tingginya kandungan organik aromatik pada Sungai Progo, sebab dibutuhkan identifikasi lebih lanjut terkait jenis senyawa aromatik yang lebih spesifik untuk mengetahui sumber dan asal mula pembentukannya. Namun, melihat kondisi sumber air Sungai Progo, terdapat kemungkinan bahwa aktivitas pertanian dan pemukiman di sekitar badan sungai menjadi faktor utama penyumbang zat organik aromatik pada Sungai Progo. Sementara itu, senyawa organik aromatik paling rendah diperoleh pada IPA Sendang Sari (Mata Air Clereng).

Sebagaimana yang diungkapkan Boggs dalam penelitiannya, bahwa NOM mata air dalam bentuk senyawa humus umumnya mengandung lebih banyak organik alifatik dibandingkan dengan organik aromatiknya (Boggs, et al.,

1985). Terkait hubungan yang kuat antara UV_{254} dengan DOC (Gora, et al., 2011), terdapat kemungkinan bahwa rendahnya organik aromatik pada sampel IPA Sendang Sari juga disebabkan oleh organik karbon yang berada di mata air telah menjadi sumber makanan bagi mikroba, terserap ke permukaan sebagai karbondioksida, ataupun teroksidasi sebagai sifat alkalinitas air (Thurman, 1985).

d. Rasio UV gelombang 300 nm dan 400 nm

Apabila melihat nilai rerata rasio $UV_{3/4}$ (Tabel 3), IPA Sendang Sari dan *bulk* IPA Sermo kembali menunjukkan dominansi fraksi organik *humic acid* (rasio <3,5) sedangkan pada IPA Progo dan *dissolved* IPA Sermo juga kembali menunjukkan dominansi fraksi organik *fulvic acid* (rasio >3,5). Adapun fraksi humin, merupakan fraksi organik yang tidak mudah larut baik dalam keadaan asam maupun basa, serta umumnya terakumulasi di dalam tanah (Boggs, et al., 1985). Oleh karena itu, senyawa humus NOM dalam air umumnya hanya ditemukan dalam fraksi asam humat atau asam fulvat.

Asam humat umumnya memiliki berat molekul atau *molecular weight* (MW) lebih besar dari asam *fulvic* (Güngör, et al,. 2010). Sifat *humic* cenderung menyebabkan suatu organik mudah terdegradasi menjadi berat molekul yang lebih kecil (Artinger, et al., 2000). Hal tersebut yang mungkin menjadi penyebab kenaikan rasio $UV_{3/4}$ sampel *dissolved* dari sampel *bulk* pada IPA Sermo dan IPA Sendang Sari. Selain itu, pengingkatan rasio $UV_{3/4}$ pada sampel IPA Progo juga dapat terjadi akibat pernyaringan sebagian partikel asam humat yang memiliki berat molekul >3kDa (kiloDalton), dimana penyaringan sampel pada ukuran pori 0,45 µm hanya dapat meloloskan partikel dengan berat molekul <3kDa (Chowdhury, 2013).

Terkait dominasi FA pada IPA Progo, Filella mengungkapkan bahwasa jenis perairan seperti sungai umumnya memiliki fraksi senyawa humus yang dominan oleh asam fulvat (Filella, 2008). Pada kesempatan lain, Hamilton mengemukakan bahwa senyawa humus dianggap kaya akan gugus fungsi aromatik (Hamilton, 2014). Diantara kedua komponen utama penyusun senyawa humus (*humic substances*) ini, yaitu *humic acid* (HA) dan *fulvic acid* (FA), *humic acid* diperoleh lebih reaktif untuk bereaksi dengan klorin dibanding *fulvic acid*. HA menjadi salah satu komponen utama terhadap pembentukan senyawa THMs kloroform ($CHCl_3$) (WHO, 2005).

3.3 Hubungan Antar Parameter Organik

Koefisien determinasi (r^2) menunjukkan seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan antar variabel/parameter NOM, baik korelasi tersebut positif maupun negatif. Korelasi yang kuat diindikasikan melalui angka koefisien determinasi $\geq 0,6$. Berikut parameter organik beserta kemungkinan hubungan yang terbentuk antara keduanya.

Tabel 4. Koefisien Determinasi pada Korelasi Antar Parameter NOM

BULK	COD			$KMnO_4$			UV_{254}			$UV_{3/4}$			*DISS*
COD	1			0,5267	SP		-0,0101	SP		0,0815	SP		**COD**
				-0,1808	WS		-0,1523	WS		0,3824	WS		
				-0,0415	C		0,6552	C		0,5598	C		
$KMnO_4$	-0,3166	SP		1			-0,0029	SP		-0,0633	SP		**$KMnO_4$**
	-0,1338	WS					0,0426	WS		-0,0006	WS		
	0,2443	C					-0,2786	C		-0,239	C		
UV_{254}	0,8586	SP		0,4801	SP		1			0,2357	SP		**UV_{254}**
	-0,2237	WS		0,5965	WS					-0,1013	WS		
	0,7936	C		0,0262	C					0,9407	C		
$UV_{3/4}$	-0,087	SP		0,1262	SP		-0,2981	SP		1			**$UV_{3/4}$**
	0,4323	WS		-0,2875	WS		-0,1396	WS					
	0,2671	C		0,6984	C		0,0782	C					

**) SP: Sungai Progo; WS: Waduk Sermo; C: Clereng; DISS: Dissolved*

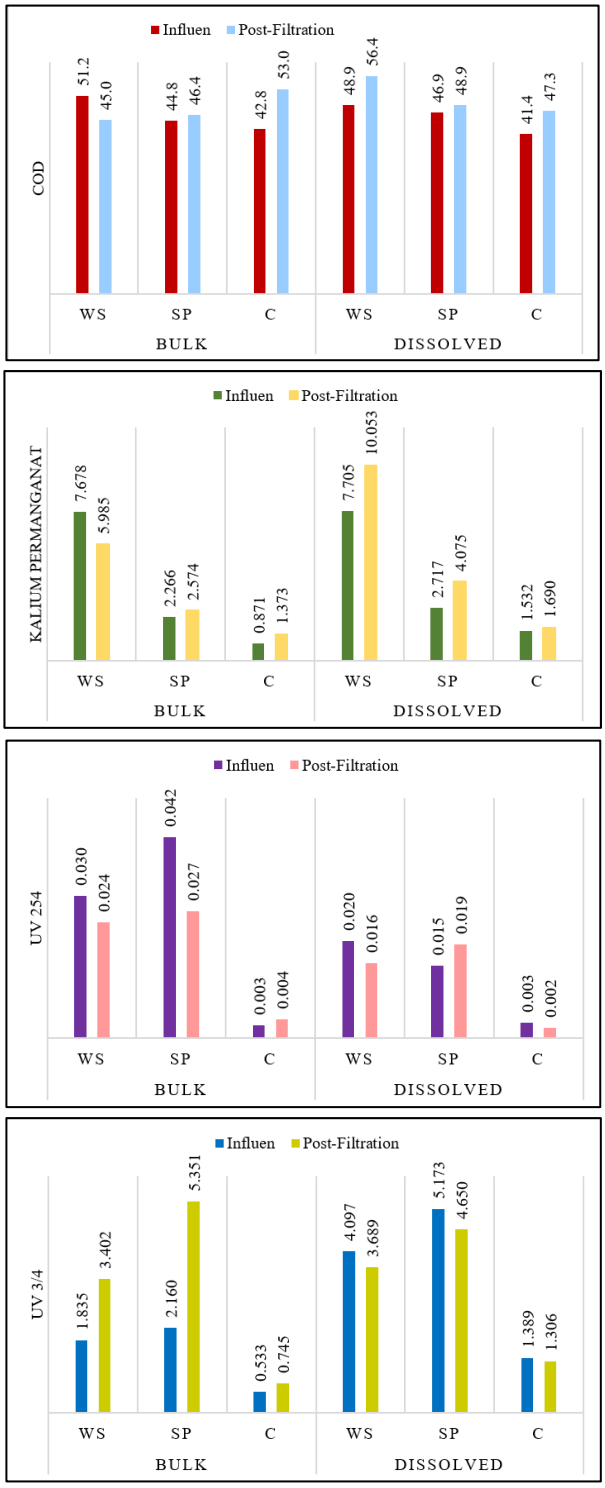
(a) Terlihat adanya hubungan yang kuat antara COD dengan UV_{254} pada sampel IPA Sendang Sari dan sampel *bulk* IPA Progo. Hal ini menunjukkan adanya kesamaan karaktersitik bahan organik, dimana

senyawa-senyawa organik yang teroksidasi pada COD diduga kuat memiliki sifat aromatik pada strukturnya, khususnya pada ketiga sampel IPA dengan hubungan terbentuk >0,6. Sebaliknya, sampel IPA Sermo kembali tidak menunjukkan hubungan yang kuat antar kedua parameter ini, sehingga mengindikasikan bahan organik dengan sifat aromatik tidak mendominasi sampel IPA Sermo ataupun sampel *dissolved* IPA Progo.

(b) Berdasarkan tabel hubungan diatas sampel IPA Sendang Sari kembali menunjukkan adanya korelasi yang cukup kuat pada *bulk sample*-nya. Hal ini menggambarkan bahwa besar kemungkinan bahan organik yang teroksidasi oleh kalium permanganat memiliki sifat *humic* ataupun *fulvic* dan cukup mendominasi. Mengingat sebelumnya korelasi lemah IPA Sendang Sari terjadi pada COD – $KMnO_4$, dimana COD – $UV_{3/4}$ memiliki hubungan yang sangat lemah, sedangkan COD – UV_{254} menunjukkan hubungan yang kuat, dapat menunjukkan bahwa korelasi antara kedua parameter ini mungkin terjadi. Berbeda dengan sampel *dissolved* IPA Sendang Sari yang telah menunjukkan potensi adanya korelasi pada hubungan COD – $UV_{3/4}$.

(c) Korelasi yang kuat kembali terjadi pada sampel IPA Sendang Sari untuk *dissolved sample*. Korelasi ini menunjukkan kemungkinan bahwa senyawa aromatik yang terdeteksi dalam sampel juga merupakan bagian dari *humic substances* berupa *humic acid* ataupun *fulfiv acid*. Kemungkinan ini juga didukung oleh korelasi kuat yang terbentuk dari sampel *dissolved* IPA Sendang Sari pada COD – UV_{254} dan COD – $UV_{3/4}$ serta korelasi yang setara pada $KMnO_4$ – UV_{254} dan $KMnO_4$ – $UV_{3/4}$.

3.4 Perbandingan dengan Influen



**) WS: Waduk Sermo; SP: Sungai Progo; C: Clereng*

Gambar 1. Grafik Influen dan *Post-Filtration*

Penurunan konsentrasi NOM dalam COD, $KMnO_4$, dan UV_{254} terjadi pada IPA Sermo pada IPA Sermo dengan rata-rata persentase

penyisihan masing-masing adalah 14%, 23% dan 14%. Penurunan konsentrasi hanya terjadi pada sampel *bulk* dan tidak terjadi pada sampel *dissolved*. Kemungkinan terbesar penyebab penurunan NOM sampel *bulk* pada IPA Sermo adalah penambahan kaporit pada proses preklorinasi, dimana asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit ($^{-}$OCl) yang terbentuk dari kaporit merupakan oksidator yang kuat terhadap materi organik di air. Hal yang berbeda terjadi pada sampel *dissolved* menunjukkan adanya perbedaan karaktersitik dan reaktivitas materi organik yang dapat teroksidasi oleh disinfektan kaporit.

Sementara itu, penurunan konsentrasi NOM UV_{254} juga terlihat pada IPA Progo dengan rerata persentase penyisihan 7%. Penurunan ini dimungkinkan sebagai akibat peroses pengolahan koagulasi-flokulasi (Nguyen, 2017). Sementara itu, pada IPA Sendang Sari, penyisihan NOM sampel *bulk* maupun *dissolved* terjadi pada persentase yang sangat kecil, mengingat tidak adanya pengolahan air di IPA selama periode pengambilan sampel.

Unit pengolahan air seperti koagulasi dan filtrasi telah disebut sebagai salah satu unit yang dapat menyisihkan kandungan NOM dalam air (Gora, et al., 2011). Namun pada penelitian ini, kedua unit tersebut tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi NOM dalam air. Efektivitas unit pengolahan air terhadap penyisihan NOM memang sangat bergantung pada karakteristik NOM dalam air serta media dan bahan kimia yang digunakan dalam prosesnya, seperti koagulasi yang bergantung pada jenis koagulan yang digunakan (Sillanpää, et al., 2017).

4. Kesimpulan

Keberadaan NOM pada IPA Sermo didominasi oleh senyawa-senyawa organik yang dapat dioksidasi oleh kalium permanganat ($KMnO_4$) seperti atom-atom karbon dengan ikatan yang lemah, serta kalium dikromat (COD). Kandungan NOM pada IPA Progo didominasi oleh senyawa organik yang tertangkap pada gelombang 254 nm UV yaitu senyawa organik aromatik yang mana juga didominasi oleh fraksi asam fulvat berdasarkan hasil rasio $UV_{3/4}$. Kandungan NOM pada IPA Sendang Sari menunjukkan konsistensi pada parameter $UV_{3/4}$ yaitu kecenderungan tinggi terhadap senyawa humus fraksi asam humat serta organik yang teroksidasi oleh kalium dikromat (COD).

IPA menunjukkan adanya penyisihan pada sampel *bulk*, namun tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan terhadap sampel *dissolved*. Hubungan yang terbentuk antar parameter uji NOM sangat bervariasi, bergantung pada jenis atau fraksi NOM yang direpresentasikan oleh perameter tersebut. Pada penelitian ini, korelasi (positif) yang kuat ditemukan pada COD – UV_{254} dalam sampel IPA Progo dan IPA Sendang Sari, $KMnO_4$ – $UV_{3/4}$ dalam IPA Sendang Sari, dan UV_{254} – $UV_{3/4}$ dalam sampel air IPA Sendang Sari.

5. Daftar Pustaka

APHA. (1976). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association.

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*, 97-116.

Boggs, S., Livermore, D., & Seltz, M. G. (1985). *Humic Substances in Natural Waters and Their Complexation with Trace Metals and*

Radionuclides: A Review. Chicago: Argonne National Laboratory .

Chowdhury, S. (2013). Trihalomethanes in Drinking Water: Effect of Natural Organic Matter Distribution. *Water SA Vol. 39 No. 1*, 1-8.

Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air.* Sleman: PT Kanisius (Anggota IKAPI).

Filella, M. (2008). Freshwaters: Which NOM Matters? *Environ Chem Lett*, 21-35.

Fisher, R. S. (2002). *Groundwater Quality in Kentucky: pH.* Lexington: University of Kentucky.

Gora, S., Chaulk, M., & Sheppard, G. (2011). *Study on Characteristics and Removal of Natural Organic Matter in Drinking Water System in Newfoundland and Lablador.* Canada: CBCL Limited.

Güngör , E. B., & Bekbölet , M. (2010). Zinc Reslease by Humic and Fulvic Acid as Influenced by pH,complexation and DOC Sorption. *Geoderma*, 131-138.

Hamilton, S. (2014). *Characterisation and Treatability of Natural Organic Matter in Groundwaters Used for Drinking Water.* Perth: Department of Chemistry Curtin University.

Holman, A. I., & Grice, K. (2018). of Aromatic Compounds in Sediments, Oils, and Atmospheric Emissions: A Review. *Organic Geochemistry* , 27-37.

Kulon Progo Regency. (2005). *ATLAS Kulon Progo Regency.* Kulon Progo: Kulon Progo Regency.

Leenheer, J. A., & Croué, J. P. (2003, January 1). Aquatic Organic Matter. *Environmental Science & Technology*, p. 19 A.

Libretexts. (2015, July 10). *Chemistry: Oxidation of Organic Molecules by KMnO4*. Retrieved from LibreTexts: https://chem.libretexts.org

Liu, H., Yu, X., Liu, Z., & Sun, Y. (2018). Occurrence, Characteristics and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Arable Soils of Beijing, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* , 120-126.

Mardianto, A. (2018). *Kajian Hidrogeologi Mata Air Clereng, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

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*, 1431-1442.

Mawardi, I., & Sudaryono. (2008). Pengaruh Irigasi dan Naungan terhadap Produksi Tanaman Cabe (Capsicum annum) pada Lahan Berpasir di Pantai Glagah, Yogyakarta. *Jurnal Hidrosfir Indonesia Vo. 3 No. 1*, 41-49.

Nguyen, T. A. (2017). *Some Quality Factors of River Water.* Pori: Satakunta University of Applied Science.

PASCO. (2010). *Water Quality Field Guide.* Roseville: PASCO Scientific.

Pavón, J. L., Martín, S. H., Pinto, C. G., & Cordero, B. M. (2008). Determination of Trihalomethanes in Water Samples: A Review. *Analitica Chimica Acta 629*, 6-23.

Penru, Y., Simon, F. X., Guastalli, A. R., Esplugas, S., Llorens, J., & Baig, S. (2011). Characterization of Natural Organic Matter from Mediterranean Coastal Seawater. *IWA Speciality Conference on Natural Organic Matter*.

Reckhow, D. (2015). *Natural Organic Matter in Water Formation in Watersheds and Removal in Water Treatment.* Amherst: University of Massachusetts: STEM Digital Water Quality.

Ristoiu, D., Gunten, V., Kovacs, H., & Chira, R. (2008). Factors Affecting THM Formation in The Distribution System of Cluj, Romania. *Proceedings of the Swiss - Romanian Research Programme on Environmental Science & Technology*, 73-79.

Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2017). Removal of Natural Organic Matter in Drinking Water Treatment by Coagulation: A Comprehensive Review. *Chemosphere*, 54-71.

Standar Nasional Indonesia . (2004). *SNI 06-6989.22-2004; Air dan Air LImbah - Bagian 22: Cara Uji Nilai Permanganat Secara Titrimetri.* Kebon Sirih, Jakarta Pusat: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

Standar Nasional Indonesia . (2009). *SNI 6989. 2: 2009; Air dan Air Limbah - Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen*

Demand/COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri. Kebon sirih, Jakarta Pusat: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. (2005). *SNI 06-6989.23-2005; Air dan Air Limbah - Bagian 23: Cara Uji Suhu dengan Termometer.* Kebon Sirih, Jakarta Pusat: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. (2005). *SNI 06-6989.25-2005; Air dan Air Limbah - Bagian 25: Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer.* Kebon Sirih, Jakarta Pusat: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

Thurman, E. M. (1985). *Organic Geochemistry of Natural Water.* Dordrecht/Boston/Lancaster: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers.

WHO. (2005). Trihalomethanes in Drinking-Water. In J. Cotruvo, J. Fawell, M. Giddings, P. Jackson, Y. Magara, & E. Ohanian, *Guidelines for Drinking-water Quality* (p. 1). Canada: WHO.