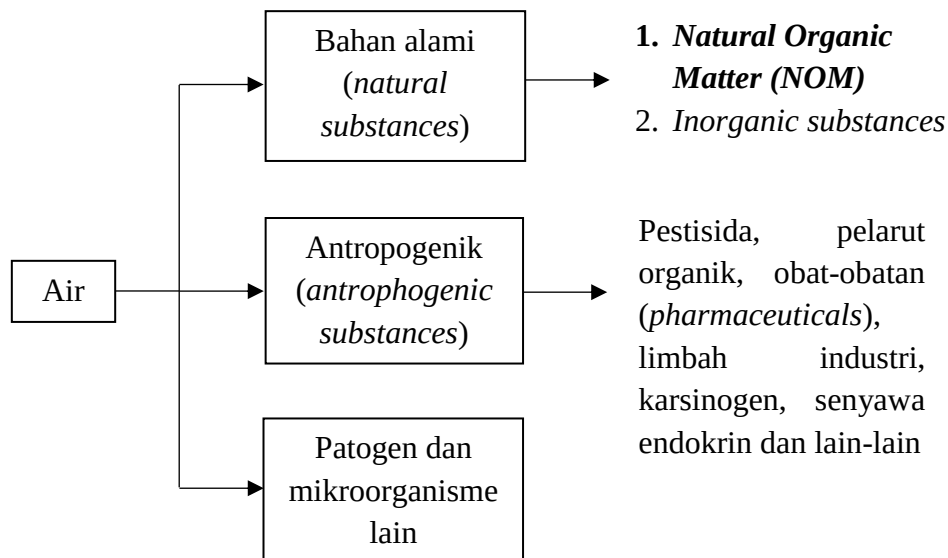


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Natural Organic Matter (NOM)

Banyak faktor yang menyebabkan adanya pengikatan dan transportasi kontaminan organik maupun non organik dalam air. Hal tersebut menghasilkan produk sampingan yang tidak diinginkan, menjadi media bagi proses fotokimia dan secara alamiah menunjukkan sifat dari zat atau bahan organik dalam air (Leenheer, 2003). Zat atau bahan organik itu disebut dengan *natural organic matter* (NOM).



Gambar 2.1 Bahan atau substansi dalam air

(Sumber : Reckhow, 2015)

Natural organic matter (NOM) adalah campuran heterogen dari senyawa organik yang secara alamiah ditemukan melimpah di perairan dan berasal dari tanaman, hewan dan mikroorganisme yang hidup maupun mati (Chow et al., 1999). Bahan organik alami atau NOM terdiri dari bahan organik kompleks yang terdapat di semua ekosistem baik darat maupun akuatik. Bahan organik alami (NOM) adalah campuran kompleks senyawa organik yang ada di semua air tawar, terutama air

permukaan. NOM terdiri dari berbagai senyawa yang berbeda, dari aromatik yang sangat alifatik sampai yang sangat berwarna. Beberapa bahan organik ini bermuatan negatif yang terdiri dari berbagai macam komposisi kimia dan ukuran molekul (Thurman, 1985). Dengan demikian, NOM yang ada di perairan terdiri dari komponen hidrofobik dan hidrofilik. Bagian hidrofobik kaya akan karbon aromatik, memiliki struktur fenolik dan ikatan ganda terkonjugasi. Sementara NOM hidrofilik mengandung proporsi lebih tinggi dari karbon alifatik dan senyawa nitrogen, seperti karbohidrat, protein, gula dan asam amino. Asam hidrofobik merupakan bagian utama dari NOM dalam air (Thurman, 1985; Swietlik et al., 2004). Asam hidrofobik ini dapat digambarkan sebagai zat humat.

Sifat heterogen menjadikan NOM terbagi dalam beberapa klasifikasi. Filella (2009) menjelaskan bahwa NOM terbagi menjadi dua yaitu berdasarkan asal atau sumber air dan operasionalnya. Berdasarkan asal atau sumber air terdiri dari *pedogenic organic matter (allochthonous)* dan *aquogenic organic matter (autochthonous)*. Perbedaan keduanya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi NOM berdasarkan asal atau sumber air

<i>pedogenic organic matter (allochthonous)</i>	<i>aquogenic organic matter (autochthonous)</i>
bahan organik yang berasal dari dekomposisi tumbuhan dengan karakteristik kompleks (<i>higher plants</i>) oleh bakteri dan jamur dan terbawa aliran air hujan dari tanah menuju badan air.	terbentuk dalam massa air itu sendiri, atau di hulu badan air, pada dasarnya dari ekskreta atau dekomposisi plankton dan bakteri akuatik.

Sumber : Filella, 2009

Terkait sumber mana yang paling besar kontribusinya sebagai sumber NOM, bergantung pada kondisi lingkungan di sekitarnya. Berdasarkan penelitian Daleen Bryan dalam modul oleh Dave Reckhow (2015), ditemukan bahwa ketika bagian tumbuhan seperti dedaunan terbawa aliran air hujan menuju badan air, dedaunan tersebut akan merilis organik dalam jumlah besar ketika tetap berada pada

posisi terendam dalam air. Hal tersebut mengindikasikan bahwa degradasi tumbuhan menjadi salah satu sumber terbentuknya NOM.

Fungsi NOM di lingkungan sangat menonjol karena NOM dapat bertindak sebagai “pemulung” untuk berbagai jenis kontaminan anorganik dan organik. Interaksi antara NOM dan kontaminan tergantung pada struktur fisikokimia dan sifat fungsional makromolekul humus, yang sifatnya harus dikarakterisasi dengan baik agar dapat menjelaskan fungsi lingkungan mereka secara spesifik (Chen et al., 2002). Dalam usaha mencapai kualitas air minum yang diinginkan maka dibutuhkan cara untuk mendegradasi bahan organik atau NOM ini. Maka dari itu, apabila terjadi peningkatan kuantitas NOM dan perubahan kualitas organik dalam air akan menghadirkan masalah bagi industri pengolahan air. Masalah-masalah yang kemungkinan muncul: (i) efek negatif pada kualitas air karena warna, rasa, dan bau, (ii) peningkatan kebutuhan dosis koagulan dan disinfektan, yang pada gilirannya menghasilkan peningkatan lumpur dan potensi terbentuknya produk sampingan (DBPs), (iii) mendorong pertumbuhan biologis dalam sistem distribusi, dan (iv) peningkatan kadar logam berat yang kompleks dan polutan organik yang teradsorpsi (Jacangelo et al., 1995). Oleh karena itu, upaya pencegahan yang dapat dilakukan adalah mengetahui karakteristik *natural organic matter* pada sumber air yang digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Hal ini sebagai langkah awal untuk menentukan metode yang tepat dalam mengurangi keberadaan NOM dalam air apabila dibutuhkan.

2.2 Karakterisasi *natural organic matter* (NOM)

Dalam studi karakterisasi NOM, salah satu kesulitan yang dihadapi adalah beragamnya nama dan akronim yang digunakan. Keragaman tersebut hanya mencerminkan berbagai pendekatan yang diterapkan pada studi NOM dan hanya mengarah ke definisi saja. Sedangkan untuk pengukuran fraksi secara operasional berbeda. Akibatnya, pilihan metode terbaik yang akan digunakan dan fraksi terbaik untuk dikerjakan dalam studi kasus tertentu jauh dari mudah (Filella, 2009). Namun, beberapa studi sistematis telah dilakukan untuk mengkarakterisasi subkomponen atau fraksi NOM dengan sifat kimia dan struktural yang bervariasi

(Chen et al, 2002). Adapun beberapa akronim yang digunakan terkait karakterisasi NOM dapat dilihat pada tabel berikut.

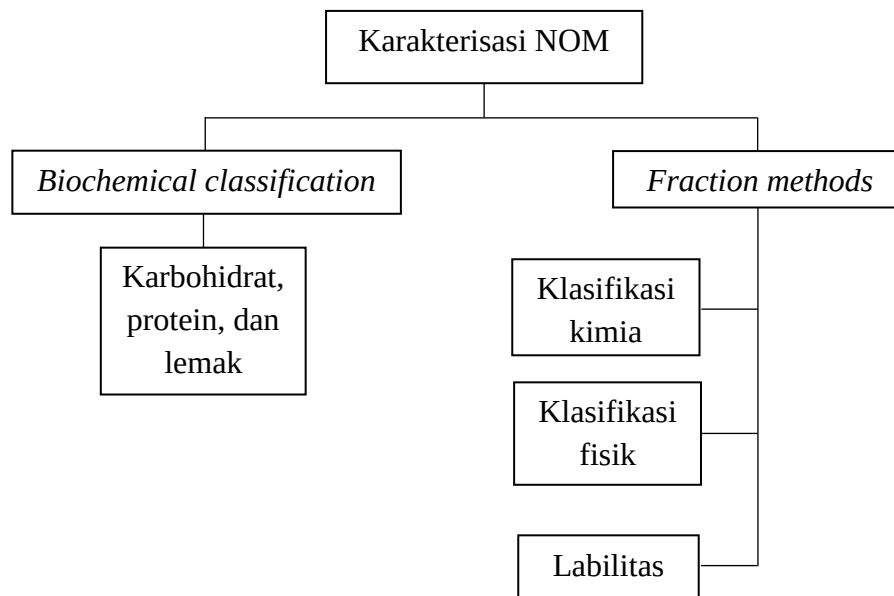
Tabel 2.2 Akronim yang sering digunakan untuk merepresentasikan NOM

Akronim	Arti
CDOC	<i>Colloidal and dissolved organic carbon</i>
COC	<i>Colloidal organic carbon</i>
COM	<i>Colloidal organic matter</i>
CPOC	<i>Coarse particulate organic carbon (>63 μm)</i>
CPOM	<i>Coarse particulate organic matter (>1 mm untuk Wallace; >63 μm untuk Hedges)</i>
DNOM	<i>Dissolved natural organic matter</i>
DOC	<i>Dissolved organic carbon</i>
DOM	<i>Dissolved organic matter</i>
FPOC	<i>Fine particulate organic carbon</i>
FPOM	<i>Fine particulate organic matter</i>
HMW-DOC	<i>High molecular weight DOC</i>
LMWOC	<i>Low molecular weight organic carbon</i>
POC	<i>Particulate organic carbon</i>
POM	<i>Particulate organic matter</i>
SPOM	<i>Suspended particulate organic matter</i>
TPOC	<i>Total particulate organic carbon</i>
UDOC	<i>Ultrafiltered dissolved organic carbon</i>
UDOM	<i>Ultrafiltered dissolved organic matter</i>
UOC	<i>Ultrafiltered organic carbon</i>

Sumber : Filella, 2009

Dalam Filella (2009) dijelaskan bahwa berdasarkan operasionalnya karakterisasi NOM terbagi menjadi dua yaitu *biochemical* dan *fraction methods*. Masing-masing metode tersebut menunjukkan karakter atau sifat NOM yang beragam berdasarkan akronim yang diukur atau diuji. Pemilihan metode dalam karakterisasi NOM dilakukan berdasarkan sudut pandang tiap peneliti dan

ketersediaan fasilitas alat serta bahan. Adapun metode karakterisasi NOM menurut Filella (2009) dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Karakterisasi NOM

(Sumber : Filella, 2009)

Biochemical classification membagi NOM dalam tiga kategori yaitu karbohidrat, protein dan lemak. Ketiganya mewakili kurang lebih 20-40% keberadaan NOM. Sedangkan metode fraksinasi terbagi menjadi tiga yaitu klasifikasi fisik, klasifikasi kimia dan labilitas. Klasifikasi fisik didasarkan pada perbedaan antara zat terlarut (*dissolved*) dan partikulat (*particulate*) yang dipisahkan berdasarkan filtrasi melalui membran 0,45 μm . Klasifikasi kimia menunjukkan fraksi NOM berupa *humic substances* yaitu *fulvic acids* (FA) dan *humic acids* (HA).

Tabel 2.3 Metode Karakterisasi NOM

Metode	Karakter yang dideteksi
<u>Spektroskopi</u>	
Fluoresensi	Tiga kelompok utama: fluorophora seperti triptofan, humat dan fulvat.
Uv-vis	Pengukuran kuantitatif semua senyawa dalam sampel yang menyerap sinar UV. Konjugasi ikatan ganda C-C, karbon aromatik, serta -COOH dan -OH meningkatkan adsorpsi.
FTIR	Senyawa hidrokarbon aromatik dan alifatik, dimana ikatannya berbeda dan kelompok yang lebih fungsional.
H NMR	Struktur <i>hydrogen-1 nuclei</i> di dalam molekul suatu zat
C NMR	Struktur karboksilat dari NOM, serta karbon alifatik, o-alkil, aromatik dan karbonil. Dapat dilakukan baik pada sampel padat atau cair.
N NMR	Mengidentifikasi karbon yang terikat dengan nitrogen
2-D NMR	Senyawa karboksil secara rinci
<u>Kromatografi</u>	
HP-SEC	Fraksinasi NOM atas dasar ukuran molekul
FIFF	Fraksi NOM atas dasar ukuran dan MWD
<u>Spetrometri Massa</u>	
LC-MS	Rumus kimia dari senyawa pada NOM
FTICR MS	Spesies molekuler, massa dan formula molekul NOM
GC-MS	Struktur dan molekuler dari senyawa pada NOM
<u>Bulk parameters</u>	
TOC	Total karbon organik yang terdapat dalam air
DOC	Organik karbon terlarut pada air, setelah difilter
SUVA	Senyawa aromatik, hidrofilik dan hidrofobik

Sumber : Matilainen et al., 2011

Karakterisasi NOM yang utama dapat diketahui berdasarkan subdivisi TOC yaitu *dissolved organic carbon* (DOC) dan *particulate organic carbon* (POC). *Total organic carbon* (TOC) merupakan pengukuran paling komprehensif yang digunakan untuk mengukur keberadaan organik dalam air. TOC identik dengan NOM karena kontaminan organik dalam sistem alami umumnya mewakili fraksi TOC meskipun kurang signifikan. Dalam Lenheer (2003) dijelaskan bahwa DOC merupakan fraksi TOC yang berukuran lebih kecil dari membran filter 0,45 μm , sedangkan POC yang tertahan pada membran filter 0,45 μm . Selain dengan pengukuran TOC, indikasi keberadaan NOM dapat diukur dengan parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan kalium permanganat (KMnO_4). Nilai COD biasanya lebih besar daripada nilai BOD, namun hal ini tidak tetap (Effendi, 2003).

2.2.1 Kebutuhan Oksigen Biokimiawi atau BOD

Secara tidak langsung, BOD menunjukkan gambar kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air (Davis and Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2003). BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri sambil menstabilkan bahan organik yang terdekomposisi dalam kondisi aerobik. Istilah dekomposisi dapat diartikan bahwa bahan organik yang didekomposisi berfungsi sebagai makanan bagi bakteri dan energi yang digunakan berasal dari oksidasi (Sawyer et.al., 2003).

Proses oksidasi bahan organik berlangsung relatif lama dan pengukuran BOD dilakukan selama lima hari waktu inkubasi. Semakin besar jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba, maka menunjukkan semakin besar pula keberadaan bahan organik dalam air. Pengujian BOD menunjukkan batasan nilai dalam mengukur beban bahan organik pada perairan alami (Thurman, 1985). Perairan alami memiliki nilai BOD antara 0,5 – 7,0 mg/liter (Jeffries and Mills, 1996). BOD hanya menggambarkan bahan organik yang didekomposisi secara biologis (*biodegradable*) seperti lemak, protein, glukosa dan lain-lain (Effendi, 2003).

2.2.2 Kebutuhan Oksigen Kimiawi atau COD

COD merupakan pengukuran kualitatif dari segi bahan organik dalam menentukan kualitas air (Thurman, 1985). COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) maupun yang sulit didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi karbondioksida dan air (Boyd, 1988 dalam Effendi, 2003). Hal ini didasarkan pada fakta bahwa semua senyawa organik, dengan beberapa pengecualian, dapat dioksidasi oleh oksidator kuat dalam kondisi asam.

Selama penentuan COD, zat organik diubah menjadi karbon dioksida dan air, terlepas dari kemampuan biologis untuk mendegradasi zat tersebut. Sebagai contoh, glukosa dan lignin teroksidasi sepenuhnya. Akibatnya, nilai COD lebih besar dari nilai BOD dan mungkin jauh lebih besar ketika sejumlah besar bahan organik yang resisten secara biologis hadir. Salah satu keterbatasan pengujian COD adalah ketidakmampuannya untuk membedakan antara bahan organik yang teroksidasi biologis dan biologis yang inert. Selain itu, COD tidak memberikan bukti di mana bahan aktif biologis akan distabilkan dalam kondisi yang ada di alam (Sawyer et al., 2003).

Dalam penelitian ini, pengujian COD dilakukan dalam dua kondisi yaitu disaring (*dissolved*) dan tidak disaring (*bulk*). Sampel air difilter menggunakan kertas saring dengan diameter 47 mm dan *pore* 0,45 μm untuk mengetahui kandungan organik terlarut (Sururi et al., 2018). Penggunaan kertas saring tersebut mengacu pada *standard method* 5910B dan beberapa literatur bahwa *dissolved organic* merupakan organik yang lolos melewati kertas saring dengan *pore* 0,45 μm . Selain itu, filtrasi ini juga untuk sterilisasi fisik sampel melalui penghilangan bakteri (Baghtot, 2002).

2.2.3 Zat Organik atau Kalium Permanganat (KMnO_4)

Nilai Kalium Permanganat (KMnO_4) dapat digunakan secara kuantitatif untuk menentukan bahan organik keseluruhan yang teroksidasi pada sampel air dalam satuan mg/L. Nilai tersebut menyatakan mg KMnO_4 yang dibutuhkan untuk

mengoksidasi kandungan organik per liter sampel air. Semakin besar mg KMnO_4 yang dibutuhkan menandakan bahwa semakin besar pula kandungan organik yang terdapat pada suatu sampel air. Permanganat juga dapat digunakan untuk mengoksidasi prekursor organik dalam pengolahan air dalam meminimalisasi produk sampingan yang terbentuk (*Standard Method* 4500, 2011).

Sama halnya dengan BOD dan COD, kalium permanganat telah lama digunakan sebagai oksidator untuk menentukan konsumsi oksigen dalam mengoksidasi bahan organik atau sering disebut dengan kandungan bahan organik total atau TOM (*total organic matter*). Kemampuan permanganat dalam mengoksidasi organik bervariasi, tergantung pada senyawa yang terdapat dalam air. Nilai permanganat pun selalu lebih kecil daripada BOD dan COD. Hal ini menunjukkan bahwa performa permanganat belum mampu mengoksidasi bahan organik dalam air secara sempurna (Effendi, 2003). Pengujian permanganat pada penelitian ini juga dilakukan dalam dua perlakuan seperti COD, yaitu disaring (*dissolved*) dan tidak disaring (*bulk*).

2.2.4 Analisis Spektrofotometri

Spektrofotometri menunjukkan interaksi antara materi dan cahaya pada panjang gelombang tertentu, yaitu sinar ultraviolet (UV) pada panjang gelombang 100-400 nm dan sinar tampak (*visible*) pada panjang gelombang 400-750 nm. Suhartati (2017) dalam buku Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis Dan Spektrometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik menjelaskan bahwa interaksi senyawa organik dengan sinar ultraviolet dan sinar tampak dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul dari senyawa organik.

Dalam penggunaan spektrofotometer UV-Vis terdapat istilah penting terkait molekul yaitu kromofor dan ausokrom. Kromofor merupakan molekul atau bagian dari molekul yang mengabsorpsi sinar dengan kuat pada rentang panjang gelombang UV-Vis. Sedangkan ausokrom merupakan gugus fungsi yang terikat pada kromofor dan membantu mengintensifkan kinerja kromofor (Suhartati, 2017).

Penelitian ini menggunakan metode spektroskopi sebagai salah satu cara untuk mengkarakterisasi NOM yang terdapat pada air. Metode spektroskopi

merupakan cara terbaik sejauh ini dalam menentukan struktur senyawa organik karena dapat dilakukan dalam waktu singkat dan jumlah sampel yang sedikit (Supratman, 2010). Air yang diabsorpsi menggunakan sinar UV dan sinar tampak secara umum menunjukkan molekul kromofor yang bersifat aromatik dari molekul NOM yang diabsorpsi, terutama senyawa humus yang terlarut dalam air. Banyak penelitian mengatakan bahwa spektrum UV-Vis dalam mengkarakterisasi NOM, biasanya terlalu luas dan hampir tanpa sifat karena jumlah dan jenis kromofor yang relatif besar serta spektrumnya sulit untuk dibedakan (Leenheer, 2003). Spektrum UV-Vis biasanya juga digunakan untuk karakterisasi *humic substances* melalui beberapa rasio absorbansi (Artinger, 2000).

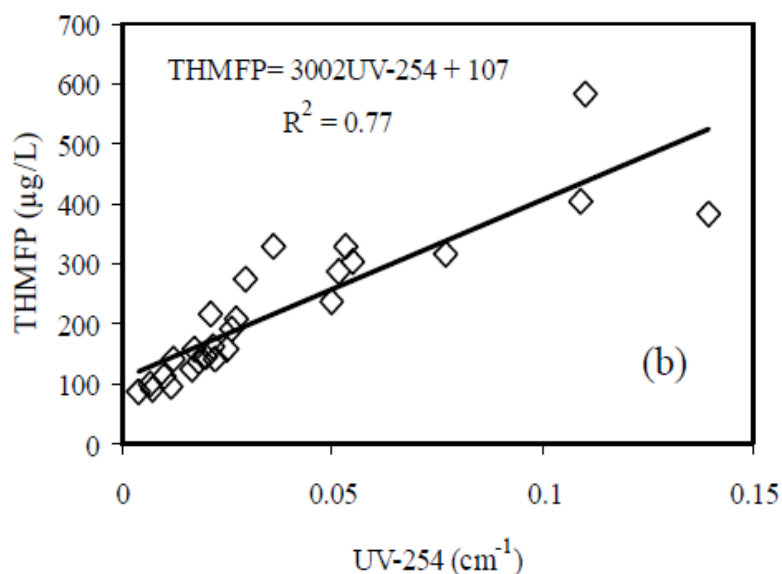
Panjang gelombang yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui karakter NOM yaitu 254 nm, 300 nm dan 400 nm. Absorpsi UV dari panjang gelombang 200-400 nm dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan kontaminan organik atau NOM dalam air, menentukan adanya gangguan (*Standard Method* 5910B, 2011).

2.2.4.1 UV254

UV254 mewakili keberadaan NOM secara keseluruhan atau sebagai indikator keberadaan NOM dalam air (Leenheer, 2003) dan sangat mudah diserap oleh bahan organik dalam air. Panjang gelombang 254 nm menunjukkan konstituen organik seperti zat humat dan kelompok senyawa aromatik (Korshin, 2009; AWWA, 1993). Dijelaskan oleh Barrett et.al. (2000) bahwa tingkat aromatisitas NOM berkorelasi dengan absorbansi fraksi humat NOM di wilayah sinar UV pada panjang gelombang 254 nm (UV254). Selain itu, rasio antara absorbansi UV254 dan konsentrasi DOC (mg L^{-1}) menunjukkan karakter aromatik dari NOM atau biasa disebut dengan SUVA atau *specific ultraviolet absorbance* (*Standard Method* 5910B, 2011).

Penyerapan pada UV merupakan ukuran pengganti yang berguna untuk DOM atau prekursor THM karena substrat humat menyerap radiasi sinar ultraviolet (Eaton, 1995). Pengukuran ini juga memiliki korelasi terhadap pembentukan

produk sampingan dari proses disinfeksi dalam pengolahan air (*DBP formation*). Contoh bentuk korelasi keduanya dapat dilihat pada Gambar 2.3.

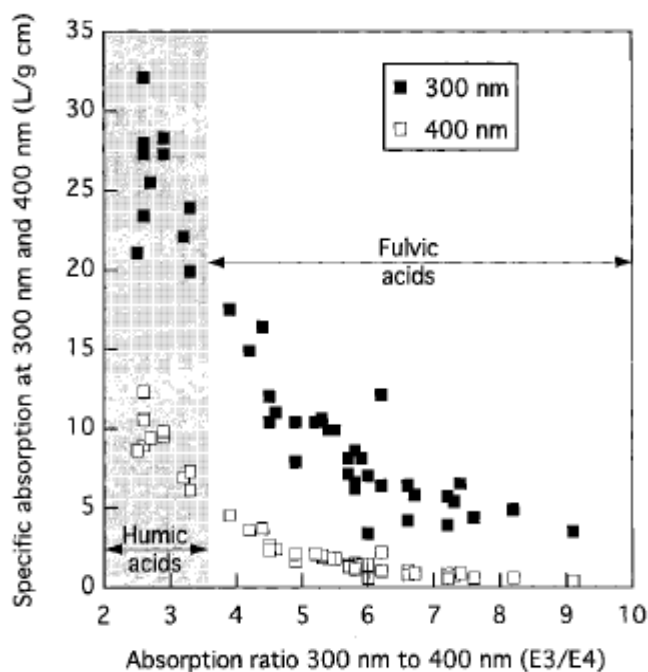


Gambar 2.3 Korelasi antara UV254 dan THMFP

(Sumber : Musikavong et al., 2008)

2.2.4.2 UV300 dan UV400 (UV_{3/4})

Rasio perbandingan antara UV₃₀₀ dan U₄₀₀ (UV_{3/4}) menunjukkan humifikasi pada sampel air. Semakin kecil rasio, maka semakin besar humifikasi dan aromatisasi pada sampel (Sururi et al., 2018). Dalam Artinger (2000) dikatakan bahwa ratio UV_{3/4} atau E_{3/E4} merepresentasikan *humic substances* dan membaginya menjadi dua kategori yaitu *humic acid* (HA) dan *fulvic acid* (FA). Peningkatan nilai absorpsi dan penurunan rasio absorpsi mengindikasikan adanya peningkatan humifikasi, aromatisasi dan *molecular weight* dari *humic substances*. Klasifikasi *humic substance* berdasarkan besaran rasio UV_{3/4} atau E_{3/E4} yang diperoleh dapat dilihat pada grafik berikut.

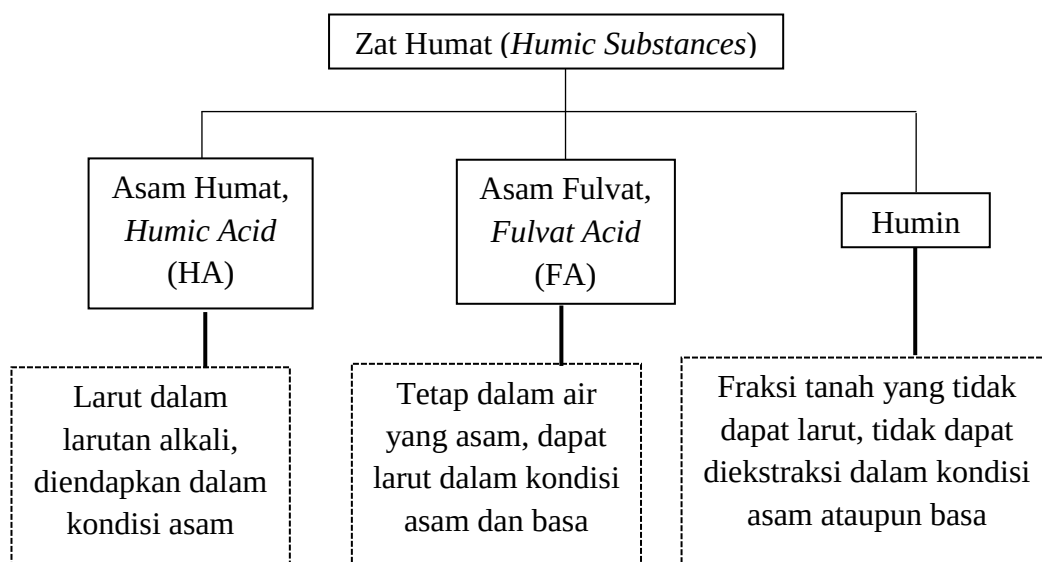


Gambar 2.4 Absorbansi spesifik pada 300 nm (E3) dan 400 nm (E4) terhadap rasio keduanya (E3 / E4) untuk klasifikasi *humic substances* (Sumber : Artinger et al., 2000)

Humic Substances

Zat humat atau *humic substances* merupakan campuran polimerik kompleks yang ditemukan pada air, sedimen, dan tanah. Zat humat ini memberikan pengaruh besar pada banyak proses lingkungan di alam. Reaktivitas zat humat terhadap kontaminan anorganik dan organik tergantung pada struktur dari zat humat itu sendiri (Stevenson, 1994). Pada sistem air, zat humat terdapat dimana-mana dan menunjukkan kelompok senyawa organik (Artinger et al., 2000). Zat humat juga merupakan konstituen organik utama dari tanah dan sedimen, tersebar luas di permukaan bumi baik di lingkungan darat dan perairan. Zat humat merupakan jenis senyawa organik yang paling penting sehubungan dengan kemampuan mereka untuk membentuk ikatan kompleks yang stabil dengan ion logam (Boggs et al., 1985).

Zat humat biasanya dibagi menjadi tiga fraksi berdasarkan kelarutannya dalam larutan asam dan basa yaitu asam humat, asam fulvat dan humin.



Gambar 2.5 Klasifikasi Zat Humat

(Sumber : Bogs et al., 1985)

Humin tidak dapat larut dalam asam dan basa, dan sebagian besar berada di tanah, sehingga penelitian terkait zat humat fokus pada dua fraksi utama humat saja. Sebagian besar upaya untuk menentukan secara fisik dan kimia NOM dalam air telah difokuskan pada asam humat dan asam fulvat (Leenheer, 1995; Senesi, 1990). Dua fraksi utama tersebut yaitu asam humat atau *humic acid* (HA) dan asam fulvat atau *fulvic acid* (FA) (Artinger et al., 2000; Rodríguez et al., 2014). Asam fulvat dan humat dibedakan berdasarkan kelarutannya pada pH 1. Asam fulvat selalu memiliki fraksi yang lebih besar dibanding asam humat (9:1) dan lebih mudah larut. Asam humat menunjukkan aromatisitas dan absorbansi UV yang lebih tinggi dan lebih berwarna dibanding asam fulvat (Rodríguez et al., 2014).

2.3 Karakteristik Fisik dan Kimia Air

Selain parameter NOM, faktor lain seperti parameter lapangan dapat mempengaruhi karakter NOM dalam air. Parameter lapangan yang diuji dalam penelitian ini antara lain pH, suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik. Parameter

lapangan dijadikan sebagai data awal yang menunjukkan karakteristik fisik dan kimia air.

2.3.1 Suhu

Suhu di suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Apabila terjadi peningkatan suhu, maka meningkat pula kecepatan metabolisme dan respirasi organisme dalam air, yang kemudian meningkatkan konsumsi oksigen (Effendi, 2003). Suhu pada perairan mengalir (sungai) dan perairan tergenang (waduk) memiliki pola sebaran yang berbeda. Pada perairan mengalir (sungai), suhu lebih homogen karena proses pergerakan air terjadi secara kontinu. Sedangkan pada perairan tergenang (waduk) biasanya terjadi stratifikasi suhu akibat tidak adanya pergerakan air dan arusnya relatif kecil (Wetzel, 1983 dalam Vitner, 1999).

2.3.2 Derajat Keasaman atau pH

Derajat keasaman menggambarkan konsentrasi ion hidrogen. Proses biokimiawi dalam perairan dipengaruhi oleh pH, dimana biota akuatik sensitif dalam pH tertentu. Selain itu, proses dekomposisi bahan organik lebih cepat terjadi pada pH dalam kondisi netral dan alkalis (Effendi, 2003). Menurut Sugiyarto (1987) pH yang baik untuk air minum dan kegiatan domestik merupakan air dengan pH yang netral ($\text{pH} = 7$). Pada nilai pH yang lebih tinggi, NOM lebih sedikit yang terdegradasi, sedangkan pH rendah menunjukkan agregasi bahan organik (Weishaar, 2003) sehingga mudah untuk terdegradasi.

2.3.3 Daya Hantar Listrik atau DHL

Konduktivitas atau daya hantar listrik adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, maka semakin tinggi nilai DHL (Effendi, 2003). Konduktivitas dinyatakan dengan satuan $\mu\text{mhos/cm}$ atau $\mu\text{Siemens/cm}$. Air suling

memiliki nilai DHL sebesar 1 $\mu\text{mhos/cm}$, sedangkan perairan alami sekitar 20-1500 $\mu\text{mhos/cm}$ (Boyd, 1988). Daya hantar listrik dapat dijadikan sebagai indikator banyaknya jenis bahan organik dan mineral yang masuk sebagai limbah dalam perairan (Mukarromah, 2016).

2.3.4 Kekeruhan atau Turbiditas

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan bahaya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terkandung di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Dalam Vitner (1999), kekeruhan pada perairan yang tergenang (lentik) seperti danau, didominasi oleh bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus. Sementara itu, kekeruhan pada sungai yang sedang banjir lebih banyak disebabkan oleh bahan-bahan tersuspensi yang berukuran lebih besar yang terbawa aliran air hujan. Kekeruhan yang bersifat sementara biasanya disebabkan oleh banjir, hujan, gerakan angin, dan gerakan angin. Pada perairan waduk, kekeruhan dipengaruhi oleh tingkat erosi, konversi lahan, dan aktivitas pertanian, begitu juga bagi perairan mengalir (sungai).

2.4 Hubungan Antar Parameter NOM

Keberadaan bahan organik dalam air diketahui melalui berbagai pengukuran yang masing-masing memiliki sifat tertentu. BOD, COD, dan kalium permanganat menunjukkan konsumsi oksigen untuk mengoksidasi bahan organik dan ketiganya memiliki kemampuan oksidasi yang berbeda. Persentase dalam mengoksidasi bahan organik masing-masing BOD, COD, dan kalium permanganat adalah 25%, 70%, dan 98%. Tentu saja kondisi ini menunjukkan bahwa permanganat belum cukup mampu mengoksidasi bahan organik dengan baik (Effendi, 2003). Namun, ketiga parameter ini berkaitan satu sama lain dalam merepresentasi organik dalam air sehingga dapat ditarik hubungan antar ketiganya.

Kimiawan organik menggunakan ultraviolet dan spektroskopi untuk mendeteksi keberadaan dan menjelaskan sifat ikatan ganda atau cincin aromatik terkonjugasi (Yadav, 2005). Sebagaimana diketahui bahwa senyawa organik

dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu alifatik, aromatik, dan heterosiklik. Dipilihnya panjang gelombang 254 nm, 300 nm, dan 400 nm tentunya berdasarkan literatur yang ditemukan. UV254 menunjukkan senyawa aromatik dimana bersifat hidrofobik yang didominasi oleh asam humat. Sedangkan UV300 dan UV400 menunjukkan *humic substance* dalam air dan rasio keduanya menunjukkan tingkat humifikasi, aromatisasi dan *molecular weight* dari *humic substances* (Artinger et al., 2000). Kondisi ini menunjukkan adanya keterkaitan antar panjang gelombang tersebut. Semakin tinggi rasio absorpsi UV3/4 maka semakin tinggi tingkat aromatisasinya. Secara tidak langsung menjelaskan bahwa semakin tinggi rasio UV3/4 maka nilai absorbansi UV254 juga ikut tinggi.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan karakterisasi NOM dari tiga sumber air baku PDAM kemudian ditarik hubungan antar parameter NOM yang diukur. Hal tersebut untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi karakter NOM baik dari antar parameter NOM, karakteristik fisik dan kimia air, kondisi lingkungan sekitar perairan, iklim, dan lainnya.

2.5 Keberadaan dan Pengaruh NOM

Kehadiran NOM pada sumber air menjadi prekursor atau pemicu utama pembentukan *disinfectant by-product* (DBPs) dalam air minum. Pembentukan DBPs terjadi melalui reaksi NOM dengan klorin selama proses disinfeksi air. Disinfeksi merupakan proses vital dalam menghilangkan mikroorganisme patogen dalam air minum dan air limbah. Namun, sejak tahun 1970an, telah dikenali bahwa disinfeksi dapat menghasilkan produk sampingan berbahaya dan menyebabkan masalah kesehatan. Reaksi klorin dengan NOM dalam air baku menghasilkan pembentukan trihalometan (THM), *haloacetonitriles* (HANs), *haloacetic acid* (HAA) dan senyawa kimia lainnya. Trihalometan merupakan salah satu produk sampingan yang berbahaya dan bersifat karsinogenik. Selain itu trihalometan dikategorikan sebagai agen genotoksik yaitu dapat bersifat toksik baik bagi manusia maupun kehidupan makhluk hidup di perairan (Hua, 2010).

NOM sebagai prekursor dapat berasal dari berbagai sumber, baik secara alamiah maupun hasil dari kegiatan manusia. Salah satunya adalah senyawa humus

yang secara alami terbentuk dari proses pelapukan tumbuhan yang telah mati oleh aktivitas mikroorganisme. Kemudian senyawa humus tersebut terbawa oleh limpasan air hujan hingga masuk ke bagian hulu sungai, lalu terbawa ke bagian hilir. Air sungai yang telah mengandung prekursor THM dijadikan sebagai sumber air baku oleh instalasi pengolahan air minum. Dalam pengolahan air baku tersebut, dilakukan proses disinfeksi menggunakan senyawa klor. Ketika proses disinfeksi berlangsung, prekursor THM akan bereaksi dengan senyawa klor sehingga terbentuk senyawa trihalometan dan senyawa halogen organik lainnya. Hal ini juga berlaku bagi sumber air baku lainnya dimana memiliki kadar NOM yang secara alamiah terbentuk (Musikavong et al., 2008).

Terbentuknya trihalometan dalam proses disinfeksi tersebut menunjukkan bahwa prekursor THM sangat mempengaruhi konsentrasi THM. Semakin tinggi konsentrasi NOM dalam air, maka semakin besar juga potensi terbentuknya THM dalam air. Oleh karena itu, penting dilakukan karakterisasi NOM sebagai langkah awal untuk mencegah adanya produk sampingan dari proses disinfeksi dalam suatu instalasi pengolahan air minum.

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk mengetahui karakteristik *natural organic matter* dan hubungannya terhadap pembentukan trihalometan :

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu terkait Karakterisasi NOM

No	Penulis	Tahun	Hasil (Rangkuman)
1.	^a Mohamad Rangga Sururi ^b Dwina Roosmin ^c Suprihanto Notodarmojo	2018	Karakterisasi NOM diukur dalam tiga terminologi yaitu (i) labilitas NOM (COD, BOD) (ii) <i>Chromophoric</i> NOM (UV ₂₅₄ , UV ₃₅₅ , UV ₃₄) (iii) HIX NOM (Indeks Humus) dimana paling besar dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik di sekitar area studi.
2.	Saeed Abdallah Baghoth	2012	Analisis komparatif dari metode karakterisasi NOM yang berbeda menunjukkan bahwa tidak ada metode tunggal yang sepenuhnya dapat mengungkapkan karakteristik NOM. Beberapa pendekatan dasar yang dapat dilakukan adalah mendeteksi DOC dan SUVA.

3.	Montserrat Filella	2009	Banyak pendekatan yang dapat dilakukan dalam mengkarakterisasi NOM karena sifat NOM yang heterogen dan akronim yang digunakan, sehingga metode terbaik bergantung pada studi yang akan dilakukan.
4.	^a R Artinger, G. Buckau ^b GS. Geyer, P. Fritz ^c M. Wolf	2000	NOM ditunjukkan dalam bentuk fraksi berupa <i>humic substance</i> yang terbagi menjadi dua yaitu <i>humic acid</i> dan <i>fulvic acid</i> . <i>Humic substances</i> dari sumber air yang berbeda memiliki sifat yang berbeda pula.
5.	Newfoundland and Labrador	2011	Konsentrasi dan reaktivitas keberadaan NOM dalam beberapa sumber air dapat dipengaruhi oleh karakteristik DAS, perubahan musim, suhu dan presipitasi, perubahan iklim jangka panjang, dan aktivitas hewan dan manusia.