

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Sampling

Pengambilan sampel dilakukan di PDAM Sleman Unit Depok Kregan yang menggunakan sumber air sumur dalam (*deep well*) sebagai bahan baku pengolahannya. Sumur dalam (*deep well*) merupakan sumur dengan kedalaman lebih dari 60-100 meter. Umumnya, masyarakat kabupaten Sleman menggunakan sungai, mata air, sumur dangkal (*shallow well*) dan sumur dalam (*deep well*) untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Menurut buku putih sanitasi Kabupaten Sleman, pergerakan air tanah kabupaten Sleman secara menyeluruh bergerak dari utara menuju ke selatan. Sumur dalam (*deep well*) memanfaatkan air yang mengalir pada lapisan aquifer yang berasal dari lereng gunung merapi. Air sumur dalam (*deep well*) mengandung unsur besi (Fe) yang agak tinggi, sehingga perlu dilakukan pengolahan aerasi guna menghilangkan kandungan besi tersebut. PDAM unit Depok Kregan melayani 1.236 pelanggan dan mencakup daerah pelayanan rumah tangga, niaga, instalasi umum, dan sosial. kapasitas IPA unit Depok Kregan yang terbatas berkisar 16 hingga 20 liter/detik. Berdasarkan data dari PDAM Kabupaten Sleman, Volume produksi yang dihasilkan sebanyak 21.328 m³/detik. Sistem distribusi di PDAM Kabupaten Sleman menggunakan gravitasi dan pompa. Instalasi Pengolahan Air yang digunakan untuk menampung air baku yang berasal dari sumur dalam (*deep well*) yang kemudian melalui pipa dialirkan ke dalam suatu kompartemen yang didalamnya berisi bak klorinasi, sedimentasi, filtrasi. Kemudian hasil air bersih didistribusikan ke pelanggan.

4.1.1 Kondisi titik pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan April dan Mei 2019 yang mana berada pada musim kemarau. Berdasarkan buku kecamatan Depok dalam angka 2018 curah hujan tertinggi berada pada bulan januari sedangkan curah hujan terendah berada pada bulan agustus. Ketika

pengambilan sampel dilakukan jarang terjadi hujan dengan cuaca yang cukup panas.

4.1.2. Unit Pengolahan

IPA unit Depok Kregan memiliki dua unit pengolahan dengan sumber air baku yang berbeda yaitu campuran mata air dengan sumur dangkal (*shallow well*) dan sumur dalam (*deep well*). Unit pengolahan yang menggunakan sumber air baku sumur dalam (*deep well*) dipilih sebagai titik pengambilan sampel karena pada unit ini sudah menggunakan kompartemen yang lebih canggih dan menghasilkan kualitas air bersih yang lebih baik dibandingkan sebelumnya.



Gambar 4. 1 Sumber sumur dalam Kenayan

Sumur dalam (*deep well*) berada di daerah persawahan yang agak susah dijangkau dikarenakan jarak yang agak jauh dari pemukiman dan akses perjalanan yang sulit. Hal ini juga menjadi pertimbangan dalam pemilihan titik sampel karena sumber air baku yang terletak di daerah persawahan dengan keadaan yang masih alami. Unit – unit pengolahan berupa tray aerasi, kompartemen yang berisi bak klorinasi, sedimentasi, dan filtrasi. Tray aerasi berguna menurunkan kadar Fe (besi) pada air, prinsip kerjanya yaitu dengan memberikan kontak langsung dengan udara sebanyak mungkin. Bak klorinasi merupakan tempat ditamahnya Klorin (Cl_2) yang digunakan untuk membunuh bakteri patogen maupun

oksidasi zat organik. Proses sedimentasi atau proses pengendapan dalam pengolahan air memanfaatkan gaya tarik gravitasi bumi, dimana partikel akan mengendap di dasar air. partikel yang tidak mengendap diperlukan adanya penyaringan atau yang biasa disebut filtrasi. Filtrasi merupakan hal utama untuk menghilangkan partikulat dan materi koloid dalam pengolahan air, Reverse Osmosis, ultrafiltration, microfiltration telah banyak digunakan untuk memisahkan NOM berdasarkan ukuran molekulnya (Febiary et al., 2016).

4.2 Pengambilan Titik Sampel Air

Pengambilan sampel air bertujuan untuk mengetahui karakter bahan organik dalam air. Sampel yang diambil berupa sampel air baku yang digunakan, sampel air yang telah melalui proses penambahan desinfektan/klorinasi, serta air yang telah mengalami proses pengolahan seperti sedimentasi dan filtrasi. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 6 kali dengan 2 periode yang berbeda yaitu pada bulan April dan Mei. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 22 April 2019, 24 April 2019, dan 30 April 2019 serta 3 Mei 2019, 15 Mei 2019, dan 17 Mei 2019. Pengambilan sampel dilakukan dari pukul 08.30 hingga 13.00 wib dengan cuaca cerah.

Tabel 4. 1 Waktu dan Cuaca Pengambilan Sampel

No	Tanggal	Waktu	Cuaca
1	22 April 2019	08.30 – 11.30 wib	Cerah
2	24 April 2019	08.30 – 11.30 wib	Cerah
3	30 April 2019	08.30 – 11.30 wib	Cerah
4	3 Mei 2019	08.30 – 11.30 wib	Cerah
5	15 Mei 2019	08.30 – 11.30 wib	Cerah
6	17 Mei 2019	08.30 – 11.30 wib	Cerah

Sampel air baku diambil melalui kran kontrol yang berada pada ruang operasional. Kran Kontrol ini terhubung langsung dari Intake air baku sumur dalam (*deep well*) seperti Gambar 4.2 berikut.

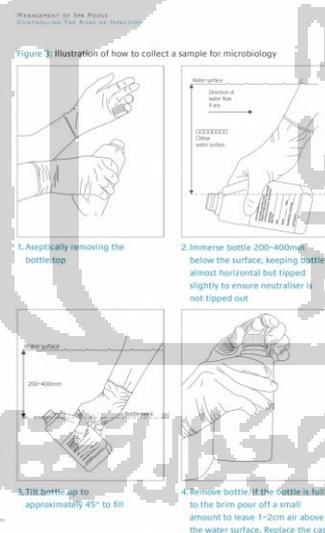


Gambar 4. 2 Kran Kontrol Pengambilan Sampel Air Baku

Pengambilan Sampel Air dari proses penambahan kaporit diambil dengan cara dibenamkan (*dipping*) langsung pada bak penambahan kaporit seperti Gambar 4.3 bagian (a) berikut. Sampel diambil pada kedalaman 200-400 mm dibawah atau pada pertengahan permukaan air seperti pada ilustrasi (b) dibawah.



(a). selang dan bak kaporit



(b). ilustrasi dipping

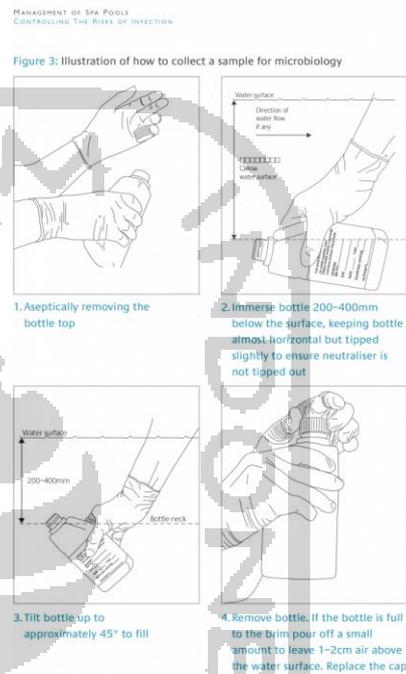
Gambar 4. 3 Pengambilan Sampel Setelah Klorinasi

Sama halnya dengan pengambilan sampel setelah klorinasi, Pengambilan sampel setelah proses sedimentasi juga diambil dengan cara dibenamkan (*dipping*)

pada aliran horizontal bak sedimentasi pada Gambar 4.4 dibawah ini. Aliran air pada bak sedimentasi dalam kondisi tenang. Cara pengambilan sampel dapat dilihat pada ilustrasi (b) berikut.



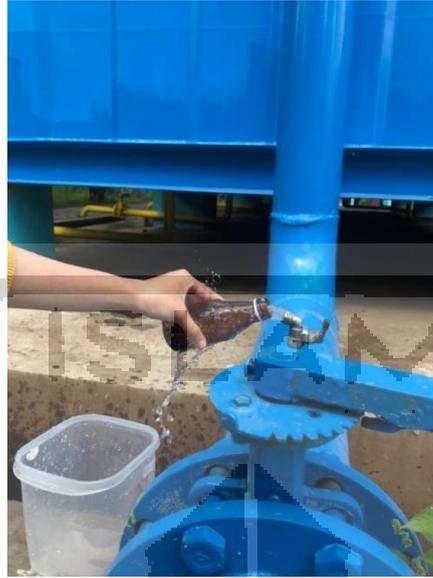
(a). bak sedimentasi



(b). ilustrasi dipping

Gambar 4. 4 Pengambilan Sampel Setelah Proses Sedimentasi

Pengambilan sampel setelah proses Filtrasi diambil melalui kran kontrol yang berada dibawah kompartemen unit pengolahan. Kran tersebut tersambung langsung dari pipa filtrasi seperti Gambar 4.5 berikut



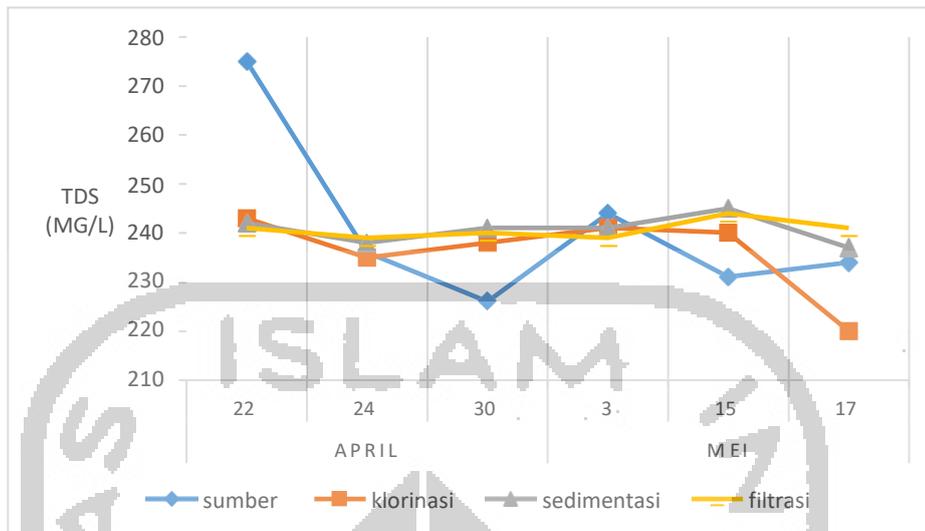
Gambar 4. 5 Kran Kontrol Setelah Proses Filtrasi

4.3 Karakter Fisik dan Kimia Sampel

Beberapa karakter fisika yang diuji meliputi suhu dan TDS. Sedangkan karakter kimia meliputi pH. Karakter fisik air dipengaruhi Berikut hasil karakteristik fisik dan kimia sampel yang diuji.

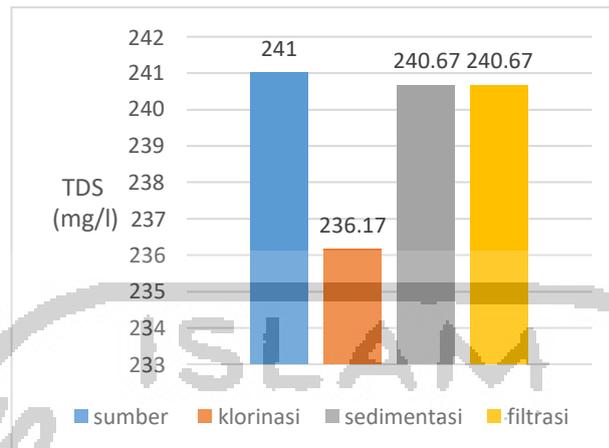
4.3.1 TDS

Setelah dilakukan pemeriksaan dari lapangan didapatkan nilai TDS yang berbeda pada tiap waktu pengambilan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh musim, aliran air, dan kedalaman air pada saat pengambilan sampel. Pengambilan sampel dilakukan pada sumber air baku yang digunakan, setelah ditambahkan kaporit, setelah proses sedimentasi, dan setelah proses filtrasi.



Gambar 4. 6 Nilai TDS pada sumber air baku

Data tersebut menunjukkan angka TDS pada sumber air baku pada tanggal April 2019 dan Mei 2019 mengalami penurunan. Hasil tersebut menunjukkan nilai TDS pada sumber berkisar antara 231 – 275 mg/l, dengan nilai TDS tertinggi berada pada tanggal 22 April 2019 sebesar 275 mg/l. Sedangkan nilai TDS terendah pada sumber berada pada tanggal 30 April 2019 sebesar 226 mg/l. Klorinasi memiliki nilai TDS dengan kisaran 220 – 243 mg/l, dengan nilai TDS tertinggi berada pada tanggal 22 April 2019 sebesar 243 mg/l dan nilai terendah berada pada tanggal 17 Mei 2019 sebesar 220 mg/l. Pada tahap sedimentasi rentang nilai TDS didapatkan berkisar antara 237 – 245 mg/l, dengan nilai TDS tertinggi berada pada tanggal 15 Mei 2019 sebesar 245 mg/l dan nilai terendah berada pada tanggal 17 Mei 2019 sebesar 237 mg/l. Tahap filtrasi memiliki rentang TDS dengan kisaran 239 -244 mg/l, dengan nilai tertinggi pada tanggal 17 Mei 2019 sebesar 244 mg/l dan nilai terendah pada tanggal 24 April 2019 dan 3 Mei 2019 sebesar 239 mg/l.

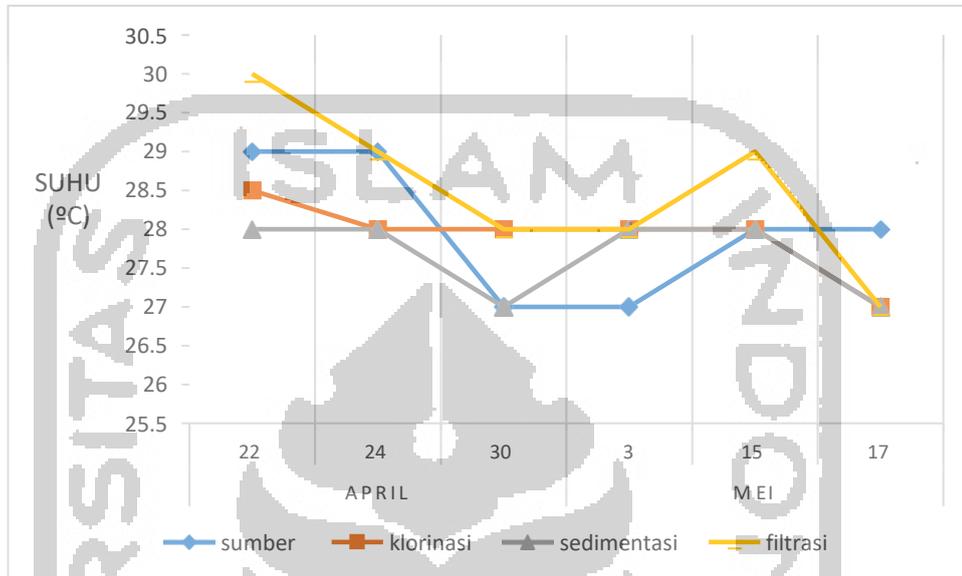


Gambar 4. 7 Nilai rata-rata TDS

Dari nilai rata-rata tersebut didapatkan nilai TDS terbesar yaitu pada sumber, diikuti sedimentasi, filtrasi, dan nilai TDS terkecil yaitu pada proses klorinasi. TDS dapat larut dalam air dimungkinkan karena tempat atau aliran air dari sumber mengandung mineral dan bebatuan yang beragam. Seperti yang dikatakan Irwan (2016), TDS dapat terbentuk dari kegiatan organik seperti plankton, dedaunan, dll maupun anorganik seperti bebatuan dan mineral. Saat penambahan kaporit terjadi penurunan kadar TDS hingga 4,83 mg/l, hal ini dapat terjadi karena kaporit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ bersifat sebagai oksidator yang akan menghilangkan senyawa besi maupun mangan yang terlarut di dalam air. Oleh karenanya semakin banyak zat besi dan mangan terlarut yang teroksidasi maka akan menurunkan kadar TDS di dalam air tersebut. Dari grafik diatas diketahui terjadi kenaikan yang cukup signifikan pada proses sedimentasi. Hal ini dimungkinkan saat pengambilan sampel terjadi peluapan air akibat debit yang berlebih serta sampel yang diambil pada aliran upflow dan besar kemungkinan kandungan organik dari proses klorinasi terakumulasi pada proses sedimentasi. Jika dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum 1000 mg/l, kadar TDS di PDAM unit kregan masih pada batas aman.

4.3.2 Suhu

Hasil pengukuran suhu dilakukan pada bulan April dan Mei 2019 dapat dilihat dari hasil berikut.

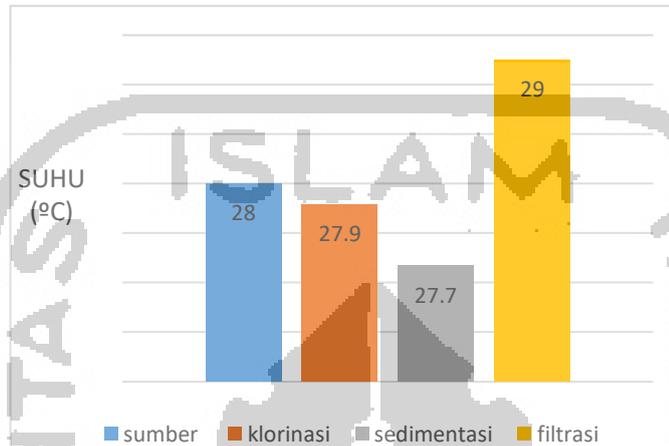


Gambar 4. 8 Nilai Suhu Pada Sampel Air Unit Depok Kregan

Dari hasil pengukuran langsung di lapangan didapatkan nilai suhu pada sumber berkisar pada rentang 27 hingga 29 derajat celcius. Dengan nilai suhu tertinggi berada pada tanggal 22 dan 24 April 2019 yaitu 29 derajat celcius, sedangkan suhu terendah berada pada tanggal 30 April dan 3 Mei 2019 yaitu 27 derajat celcius. Tinggi rendahnya suhu dapat dipengaruhi oleh lokasi sumber, musim, dan waktu pengambilan sampel.

Pada proses klorinasi didapatkan nilai suhu berkisara pada rentang 27 hingga 29 derajat celcius. Nilai suhu tertinggi berada pada tanggal 22 April 2019 yaitu 28,5 derajat celcius dan nilai terendah pada tanggal 17 Mei 2019 yaitu 27 derajat celcius. Hasil pengukuran setelah proses sedimentasi menunjukkan suhu berada pada 27 dan 28 derajat celcius. Dengan nilai suhu tertinggi berada pada tanggal 22, 24 April 2019 dan 3, 15 Mei 2019 yaitu 28 derajat celcius, sedangkan nilai suhu terendah berada pada tanggal 30 April 2019 dan 17 Mei 2019 yaitu 27 derajat celcius. Pada proses setelah Filtrasi menunjukkan suhu berada pada rentang 27 hingga 30 derajat celcius

dengan nilai tertinggi berada pada tanggal 22 April 2019 dan terendah pada tanggal 17 Mei 2019. Penurunan dan kenaikan suhu tersebut dapat terjadi dikarenakan faktor-faktor seperti musim, curah hujan, kedalaman air, dll.

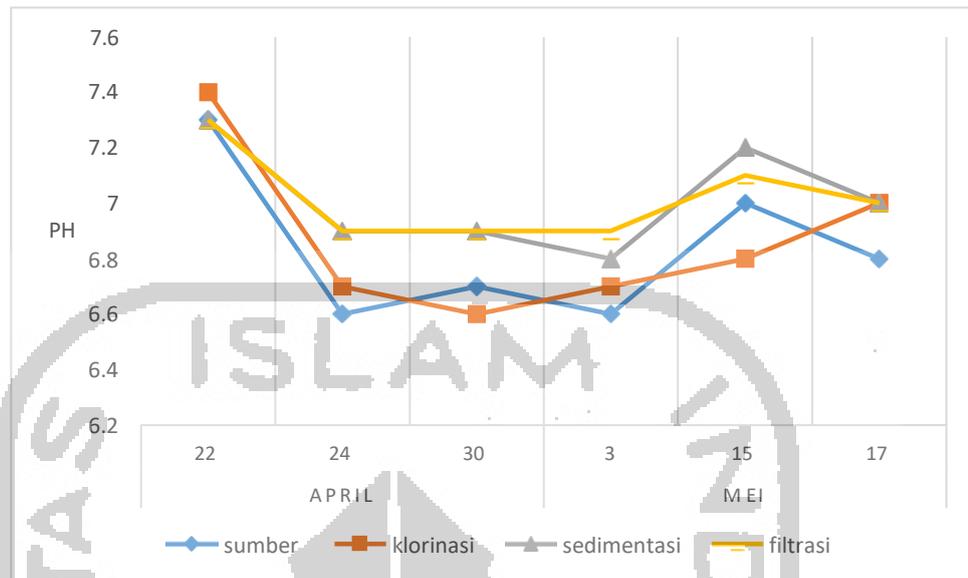


Gambar 4. 9 Nilai rata-rata Suhu

Dari nilai rata-rata tersebut dapat diketahui bahwa suhu tertinggi yaitu pada proses filtrasi sedangkan yang terendah pada proses sedimentasi. Tingginya suhu pada filtrasi dapat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari atau lokasi unit pengolahan filtrasi yang terpapar sinar matahari langsung. Kenaikan dan penurunan suhu pada air dapat mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik dalam air. selain itu, semakin tinggi suhu maka dapat mempengaruhi pertumbuhan plankton dan mikroorganisme lainnya. Semakin tinggi suhu pada suatu perairan maka semakin cepat pula proses dekomposisi bahan organik dalam air. Dimana indikator normal suhu air baku adalah pada kisaran $\pm 3^{\circ}$ C dari suhu udara di tempat sarana air yang diukur. Hal ini menunjukkan proses dekomposisi tertinggi terjadi pada sumber dan filtrasi.

4.3.3 pH

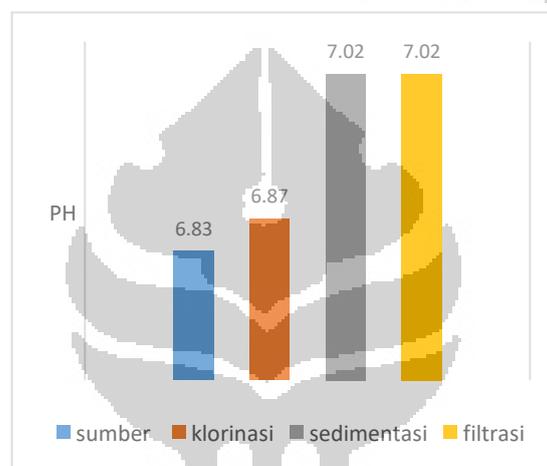
Pengukuran PH yang dilakukan langsung di lapangan menunjukkan nilai yang fluktuatif seperti berikut gambar 14 berikut.



Gambar 4. 10 Nilai pH Pada Sampel Air Unit Depok Kregan

Dari data tersebut diketahui nilai pH menunjukkan penurunan dan kenaikan pada tiap pengolahan. Berdasarkan baku mutu rentang nilai pH berkisar Rentang nilai PH pada unit-unit pengolahan berada pada nilai 6,6 – 7,4. Nilai pH tertinggi pada sumber terjadi pada tanggal 22 April 2019 yaitu 7,3 dan yang terendah terjadi pada tanggal 24 April dan 3 Mei 2019 yaitu 6,6. Tingginya nilai pH pada sumber dipengaruhi faktor batuan dan jenis tanah disekitarnya, dimana dalam ketiadaan mineral sulfida besi, pH air tanah biasanya berkisar 6,0 hingga 8,5. pH normal air tanah menurut Fisher (2002) adalah 6 hingga 8,5. Pada penambahan kaporit diketahui terjadi penurunan pH dari tanggal 22 April hingga 30 April 2019 dan mengalami kenaikan hingga tanggal 17 Mei 2019. Nilai pH tercatat berada pada tanggal 22 April 2019 yaitu 7,4 dan yang terendah pada tanggal 30 April 2019 yaitu 6,6. Rendahnya nilai pH pada klorinasi diduga karena kaporit memiliki sifat asam dan mempengaruhi nilai pH selama proses klorinasi. Klorin dapat bekerja secara efektif sebagai desinfektan jika berada dalam air dengan pH 7. Jika nilai pH air lebih dari 8,5, maka 90% dari asam hipoklorit itu akan mengalami ionisasi menjadi ion hipoklorit (Busyairi et al., 2017) .Pada tahap sedimentasi diketahui nilai pH tertinggi pada tanggal 22 April 2019 yaitu 7,3 dan yang terendah berada

pada tanggal 3 Mei 2019 yaitu 6,8. Tahap filtrasi diketahui nilai pH condong stabil hanya terjadi penurunan pada tanggal 24 April 2019. Dari data tersebut diketahui nilai PH tertinggi terjadi pada tanggal 22 April 2019 yaitu 7,3 dan yang terendah tercatat pada tanggal 24, 30 April dan 3 Mei 2019 yaitu 6,9. Nilai Ph pada sedimentasi dan filtrasi cenderung hampir sama dan stabil, hal ini diindikasikan karena bahan organik yang sudah terdegradasi.



Gambar 4. 11 Nilai rata-rata pH

Nilai rata-rata pengukuran pH pada unit-unit pengolahan diketahui seperti data diatas. Nilai rata-rata pH tertinggi berada pada proses sedimentasi dan filtrasi yaitu 7,02 dan nilai pH terendah berada pada sumber yaitu 6,83. Nilai pH terendah diindikasikan karena meningkatnya laju penguraian bahan organik oleh bakteri. pH pembentukan THM yang optimal yaitu pada pH 6 hingga 8. Senyawa organik hidrofobik cenderung membentuk senyawa HAA yang mana merupakan salah satu DBPs daripada senyawa hidrofilik. Pada pH 6 pembentukan HAA lebih cepat dibandingkan pada pH 8 (Tanukusuma, 2018). Maka dapat diindikasikan potensi pembentukan HAA tercepat berada pada proses klorinasi. Asam humik tidak larut pada kondisi asam ($\text{pH} < 2$) tetapi akan larut pada pH yang lebih tinggi. Sedangkan asam fulvik dapat larut dalam semua kondisi pH dan humin merupakan fraksi yang tidak larut dalam air pada semua kondisi pH.

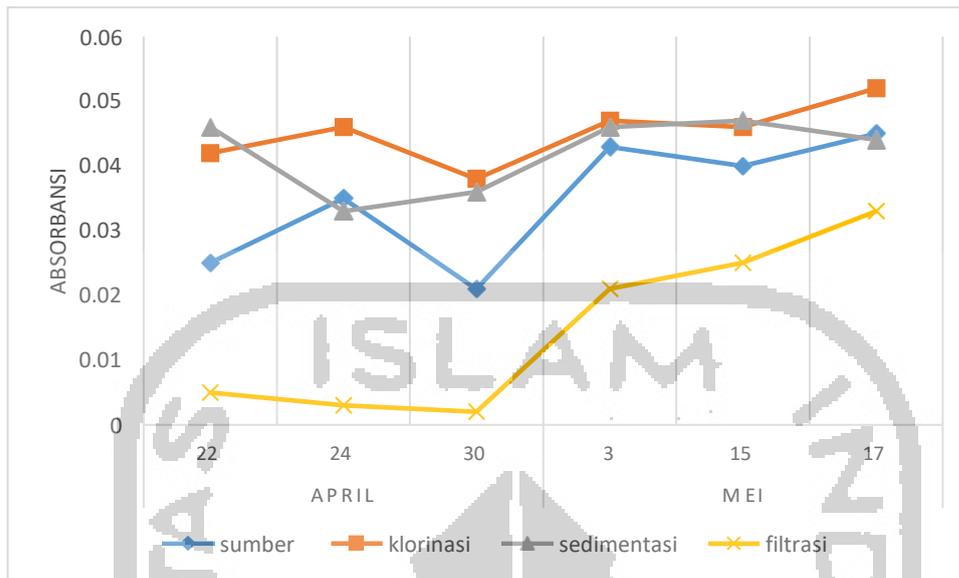
Seperti yang dikatakan Herawati & Yuntarso (2017), proses dekomposisi bahan organik menghasilkan CO₂ yang dapat menurunkan nilai pH. pH dapat mempengaruhi reaksi kimia, toksisitas senyawa, dan proses biokimia dalam air.

4.4 Karakteristik NOM

Pengujian NOM dilakukan dengan perlakuan *Bulk*. Pengujian Bulk sampel yaitu sampel murni yang menunjukkan kandungan organik total pada sampel. Menurut Filella (2009), pengukuran parameter Bulk sering digunakan untuk mengkarakterisasi jenis NOM. Parameter yang paling sering digunakan antara lain unsur rasio (C/N, C/O, C/H, C/S), POC/TOC, dan parameter spektrokopi yang berbeda terkait dengan tingkat aromatisasi NOM. Seperti yang telah disebutkan, parameter-parameter ini dapat memberikan indikasi tentang asal-usul keberadaan NOM.

4.4.1 UV 254 nm

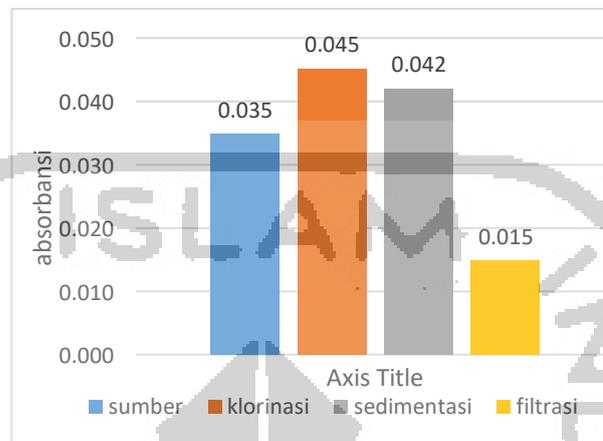
Absorbansi 254 nm (UV₂₅₄) umumnya digunakan untuk kuantifikasi zat humat. UV 254 nm digunakan sebagai indikator hidrokarbon aromatik. Nilai UV 254 nm dapat menggambarkan keberadaan prekursor dalam air karena mampu menyerap humus dan bahan organik aromatik yang merupakan konstituen utama dari bahan organik alami. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil dari masing-masing sumber dan unit pengolahan seperti Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4. 12 hasil pengukuran UV 254nm

Dari hasil pengukuran, diketahui nilai absorbansi tertinggi yaitu pada proses klorinasi pengambilan sampel tanggal 17 Mei 2019 dan yang terendah yaitu pada proses filtrasi pengambilan sampel tanggal 30 April 2019. Rentang nilai absorbansi pada sumber berkisar pada nilai 0,021 hingga 0,045 dengan nilai tertinggi yaitu pada pengambilan sampel 17 Mei 2019 dan nilai terendah pada pengambilan sampel 30 April 2019. Tingginya nilai absorbansi pada sumber dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan disekitarnya mengingat sumber terletak di daerah persawahan. Pada proses klorinasi didapatkan rentang nilai 0,038 hingga 0,052 dengan nilai absorbansi tertinggi yaitu pada pengambilan sampel 17 Mei 2019 dan yang terendah pada pengambilan sampel 30 April 2019. Pada proses ini dapat dilihat bahwa nilai absorbansi pada klorinasi relatif tinggi dan stabil. Hal ini diduga karena adanya penambahan kaporit yang dapat memacu naiknya senyawa aromatik. Rentang nilai pada proses sedimentasi berkisar pada nilai 0,033 hingga 0,047 dengan nilai absorbansi tertinggi pada pengambilan sampel 15 Mei 2019 dan nilai absorbansi terendah pada pengambilan sampel 24 April 2019. Sedangkan pada proses filtrasi didapatkan nilai absorbansi dengan rentang nilai 0,002 hingga 0,033. Nilai absorbansi tertinggi berada pada pengambilan sampel 17 Mei 2019 dan nilai absorbansi terendah pada pengambilan sampel 30 April 2019. Dari data tersebut

didapatkan hasil rata-rata nilai absorbansi tiap proses pengolahan seperti Gambar berikut.



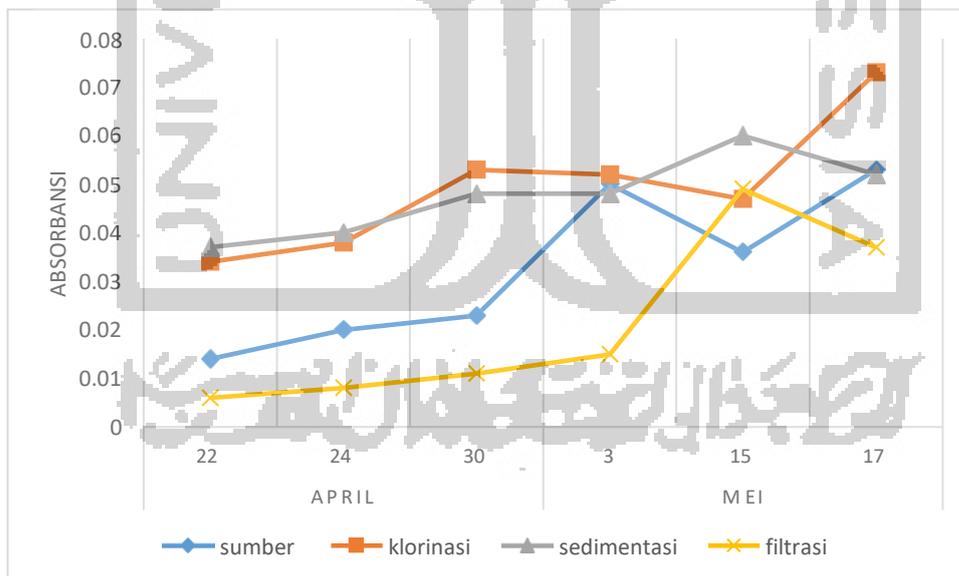
Gambar 4. 13 Hasil rata-rata pengukuran UV 254 nm

Dari data tersebut diketahui nilai rata-rata terbesar yaitu pada proses klorinasi, sedimentasi, sumber dan yang terkecil yaitu proses filtrasi. Tingginya absorbansi pada sumber dimungkinkan akibat kondisi lingkungan disekitarnya yang berada di area persawahan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Su et al., (2017) bahwa zat organik yang terdapat di dalam air dapat berasal dari pertanian yang menghasilkan limbah berupa pupuk, peptisida, dan batang pohon yang membusuk dan menghasilkan asam humik (*humic acid*), organisme yang membusuk menghasilkan senyawa sulfurik. Tingginya nilai absorbansi pada klorinasi dimungkinkan Klor yang bereaksi dengan partikel kandungan organik dapat mengubah partikel tersebut menjadi partikel terlarut sehingga terjadi peningkatan absorbansi pada sampel (Uyguner et al., 2007). Keberadaanya NOM yang tinggi menambah kebutuhan klor menyebabkan penurunan efisiensi proses desinfeksi (Said, 2007). Hal ini menjadi salah satu faktor penyebab tingginya absorbansi pada sedimentasi. Rendahnya nilai absorbansi pada filtrasi dapat dipengaruhi oleh efisiensi pengurangan partikel organik yang tinggi pada media filter yang digunakan dan zat organik dapat tersaring dengan baik. Seperti yang diketahui bahwa UV 254 nm digunakan untuk mengidentifikasi tingkat aromatic dari NOM. UV 254 nm menunjukkan senyawa aromatik dimana bersifat hidrofobik yang didominasi oleh asam humat. Tanukusuma (2018) mengatakan senyawa yang

merupakan *precursor* dengan potensi besar membentuk THM adalah senyawa hidrofobik (yang mengandung komponen aromatic, sedikit asam karboksilat, dan berat molekul tinggi). Nilai absorbansi berbanding lurus dengan besarnya senyawa organik aromatik. Maka dapat dikatakan bahwa senyawa aromatik cenderung kuat pada proses klorinasi diikuti sedimentasi. Hal ini memungkinkan tingginya potensi terbentuknya THM pada unit pengolahan tersebut.

4.4.2 UV 280nm

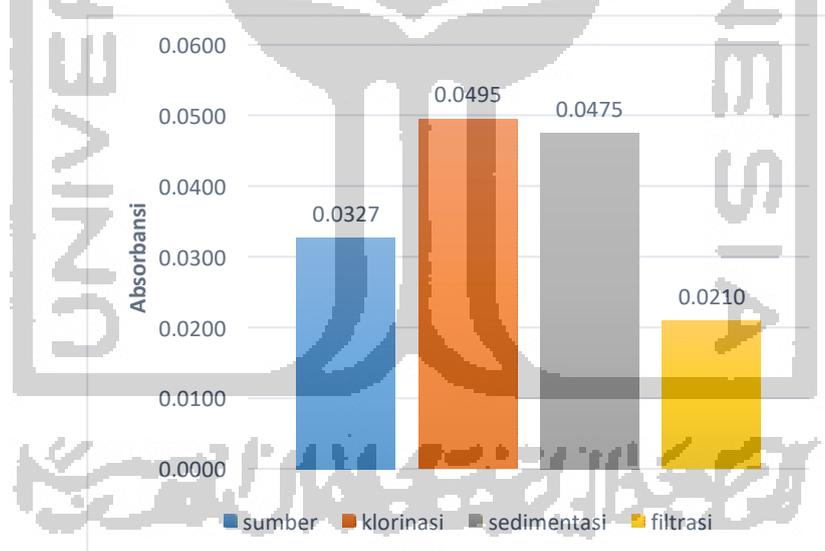
Selain UV 254 nm, UV 280 nm juga sering digunakan sebagai pengukuran NOM untuk merepresentasikan senyawa berat molekul, aromatik serta sebagai parameter pendukung UV 254 nm yang mana hasil absorbansi yang diperoleh seharusnya tidak terlalu berbeda dengan hasil absorbansi UV 254 nm (Uyguner et al., 2007). Semakin besar nilai absorbansi maka semakin besar pula tingkat aromatik dari NOM. Semakin besar berat molekul maka semakin tinggi kemungkinan terbentuknya THM. Berikut hasil pengukuran sampel absorbansi 280 nm pada tiap unit pengolahan.



Gambar 4. 14 Hasil pengukuran UV 280nm

Dari data tersebut dapat diketahui nilai absorbansi tertinggi yaitu pada unit pengolahan klorinasi 0,073 pada pengambilan sampel 17 Mei 2019 sedangkan nilai absorbansi terendah 0,006 yaitu pada unit pengolahan filtrasi pada pengambilan

sampel 22 April 2019. Rentang nilai absorbansi pada sumber diketahui mengalami kenaikan dan terjadi penurunan pada 15 Mei 2019, tetapi mengalami kenaikan lagi pada tanggal 17 Mei 2019 yaitu berkisar antara 0,014 hingga 0,053. Pada unit pengolahan klorinasi rentang nilai berkisar antara 0,034 hingga 0,073. Nilai absorbansi terbesar pada unit klorinasi yaitu 0,073 pada pengambilan sampel 17 Mei 2019, dan nilai absorbansi terkecil yaitu 0,034 pada pengambilan sampel 22 April 2019. Sedangkan pada unit sedimentasi rentang nilai berkisar antara 0,037 hingga 0,06. Nilai absorbansi tertinggi yaitu 0,06 pada pengambilan sampel 15 Mei 2019 dan nilai absorbansi terendah 0,037 pada pengambilan sampel 22 April 2019. Pada unit pengolahan filtrasi nilai absorbansi relatif rendah tetapi mengalami kenaikan yang signifikan pada pengambilan sampel 15 Mei 2019. Rentang nilai pada pengolahan filtrasi yaitu 0,006 hingga 0,049 dengan nilai absorbansi tertinggi pada pengambilan sampel 15 Mei 2019 dan terendah pada 22 April 2019. Dari hasil tersebut didapatkan nilai rata-rata tiap unit pengolahan pada Gambar berikut



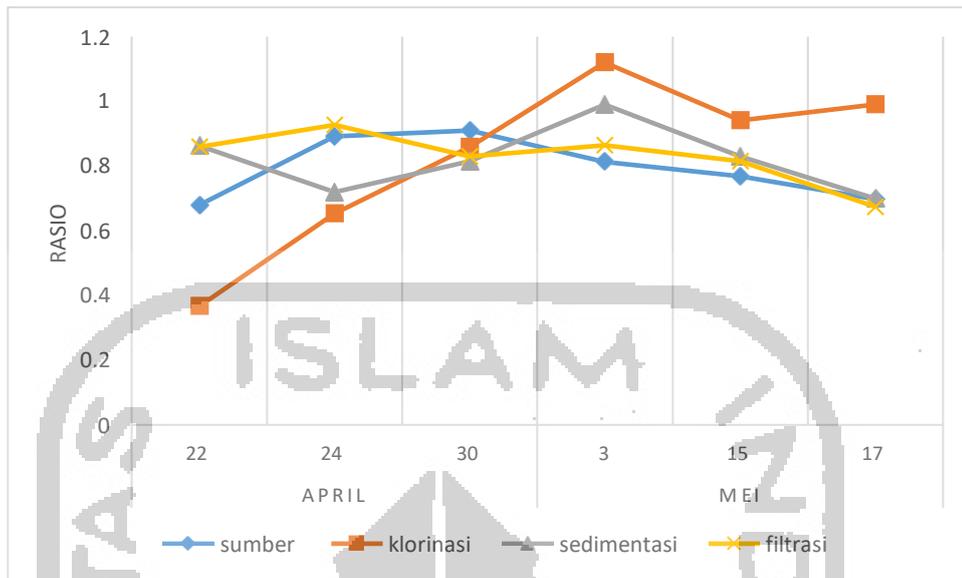
Gambar 4. 15 Hasil rata-rata pengukuran UV 280 nm

Dari data tersebut diketahui nilai absorbansi rata-rata tertinggi yaitu pada unit pengolahan klorinasi, diikuti sedimentasi, sumber dan terendah pada unit filtrasi. Baiknya efisiensi penyisihan bahan organik aromatik setelah penambahan proses filtrasi disebabkan terjadinya proses adsorpsi. Media karbon yang digunakan merupakan adsorben, yang merupakan

sebuah material padatan yang mempunyai lokasi-lokasi tempat ikatan. Proses dalam adsorpsi dapat terjadi karena adanya perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan itu lebih erat daripada molekul-molekul lainnya (Sururi & Pharmawati, 2012). Absorbansi UV pada 280 nm mewakili aromatisitas total, karena transisi elektron terjadi di wilayah UV ini (sekitar 270-280 nm) yang umum untuk aren fenolik, benzoat asam, turunan anilin, poliena dan hidrokarbon aromatik polisiklik dengan dua cincin atau lebih (Purmali, 2013). Semakin tinggi absorbansi maka semakin tinggi juga senyawa aromatic dan berat molekul organik pada sampel. Hal ini menunjukkan pada proses klorinasi cenderung mengandung senyawa aromatic yang tinggi. Berat molekul tinggi menunjukkan sampel tersebut tergolong kedalam asam humik (Uyguner et al., 2007). Semakin tinggi tingkat aromatisasi dan berat molekul maka semakin tinggi potensi terbentuknya THM. Dari rata-rata tersebut klorinasi memiliki absorbansi tertinggi.

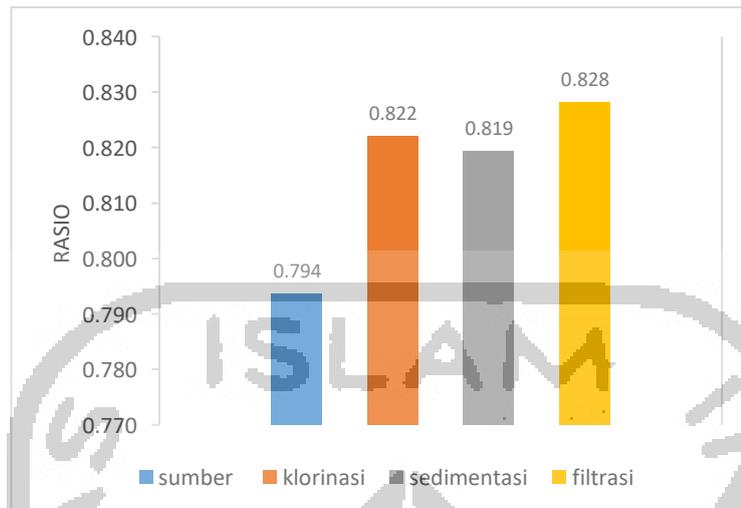
4.4.3 E2/E3

Rasio E2/E3 atau rasio pengukuran UV 250 nm dan UV 365 nm menunjukkan humifikasi dan tingkat senyawa aromatik. Semakin besar kandungan humic maka semakin besar pula kemungkinan terbentuknya THM. Rasio ini dipilih untuk mengetahui dan mengklasifikasikan apakah termasuk pada asam humat atau asam fulvat. Seperti yang dikatakan (Ibrahim & Aziz, 2014), zat humat dalam NOM mewakili berbagai bahan organik kompleks dalam air. Komponen utama zat humat adalah asam fulvat dan asam humat yang dikenal sebagai asam hidrofobik. Pada perairan alami, asam hidrofobik terdiri dari 90% asam fulvat dan 10% asam humat. Pengklasifikasian jenis zat humat ini dapat dilakukan dengan mengubah bentuk absorbansi UV 250 nm dan UV 365 nm menjadi rasio seperti Gambar berikut.



Gambar 4. 16 Hasil pengukuran E2/E3

Data tersebut merupakan hasil rata-rata dari sampel yang diuji secara duplo. Diketahui rasio tertinggi yaitu pada unit pengolahan klorinasi pada pengambilan sampel 3 Mei 2019 yaitu 1,120 dan yang terendah pada unit klorinasi 22 April 2019 yaitu 0,367. Pada sumber, nilai rasio tertinggi yaitu 0,91 pada pengambilan sampel 30 April 2019 dan terjadi penurunan rasio hingga tanggal 17 Mei 2019 dengan rasio terendah 0,698. Pada unit klorinasi rasio tertinggi yaitu 1,22 pada pengambilan sampel 30 April 2019, dan rasio terendah yaitu 0,857 pada pengambilan sampel 15 Mei 2019. Sedangkan pada unit sedimentasi rasio cukup stabil tetapi mengalami penurunan pada 17 Mei 2019 dengan rasio terendah 0,687, dan rasio tertinggi yaitu 0,917 pada pengambilan sampel 3 Mei 2019. Pada filtrasi, rasio tertinggi yaitu 0,941 pada pengambilan sampel 24 April 2019 dan rasio terendah yaitu 0,714 pada pengambilan sampel 17 Mei 2019. Berikut rasio rata-rata dari sumber dan tiap unit pengolahan.



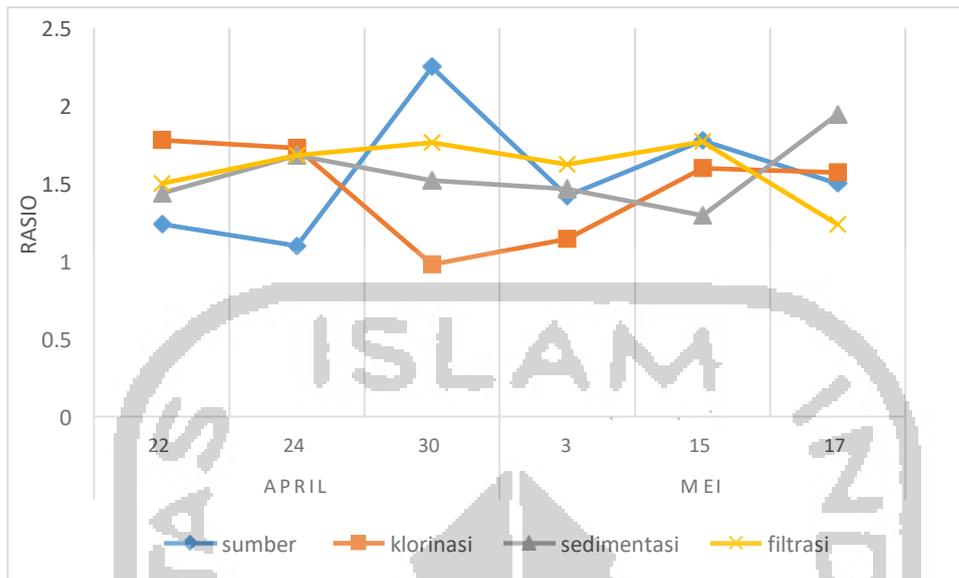
Gambar 4. 17 Hasil rata-rata pengukuran E2/E3

Dari rata-rata tersebut rasio tertinggi ke rasio terendah adalah unit pengolahan filtrasi, klorinasi, sedimentasi, dan sumber. Rata – rata rasio sumber adalah 0.794. Klorinasi memiliki rata-rata rasio sebesar 0,822. Unit pengolahan sedimentasi memiliki rata-rata rasio sebesar 0,819. Sedangkan unit pengolahan filtrasi memiliki nilai rasio rata-rata terendah yaitu 0,828. Menurut Uyguner et al., (2007), semakin rendah rasio dari absorbansi 250 nm dan 365 nm maka semakin humik sampel tersebut. Absorbansi gelombang 250 nm cenderung lebih besar dibandingkan absorbansi panjang gelombang 254 nm dan absorbansi 365 nm cenderung lebih rendah dibandingkan 254 nm (Nagaraja et al., 2014). Hal ini dimungkinkan panjang gelombang 365 nm terlalu jauh dari rentang panjang gelombang 220 – 280 nm yang mana merepresentasikan senyawa aromatik. Asam fulvik memiliki berat molekul yang lebih rendah dibandingkan asam humik. Dari hasil rata-rata tersebut termasuk ke dalam asam humik berdasarkan berat molekulnya. Asam humik tertinggi terdapat pada sumber, diikuti unit pengolahan sedimentasi, klorinasi, dan filtrasi. Pada unit pengolahan klorinasi, dan filtrasi tidak terlalu tinggi tetapi masih tergolong asam humik. tingginya tingkat humifikasi pada sumber besar kemungkinan diakibatkan faktor lingkungan pada lokasi sumber yang dikelilingi area persawahan dan aktivitas pemukiman disekitar lokasi tersebut. Selain itu, tingginya tingkat

humifikasi pada sumber selaras dengan tingginya nilai pengujian TDS. Pada unit pengolahan klorinasi terjadi peningkatan rasio yang berarti terjadi penurunan berat molekul pada sampel. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Artinger, et al., (2000) bahwa sifat humik cenderung dapat menyebabkan suatu organik mudah terdegradasi menjadi berat molekul yang lebih kecil. Semakin humik senyawa organik tersebut maka semakin besar potensi terbentuknya THM.

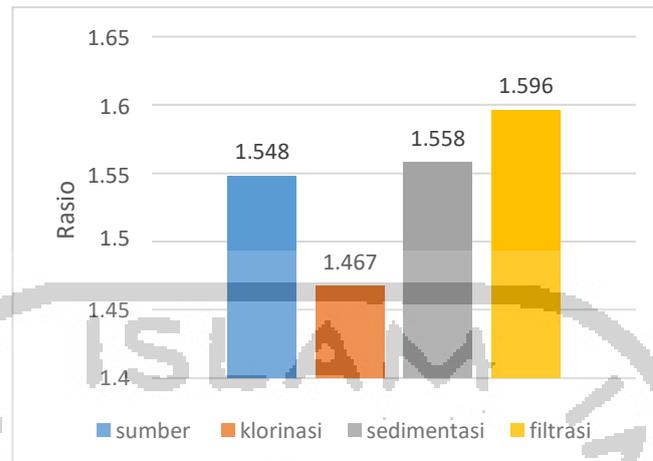
4.4.4 E4/E6

Rasio pengukuran E4/E6 atau rasio pengukuran UV 465 nm dan UV 665 nm menunjukkan adanya senyawa humifikasi dan Berat Molekul. Pengujian rasio E4/E6 dianggap lebih bagus dalam merepresentasikan berat molekul mengingat panjang gelombang yang digunakan diatas 300 nm. Pembacaan dengan panjang gelombang dibawah 300 nm dianggap bagus dalam merepresentasikan tingkat aromatisasi. Asam fulvat dari rasio E4/E6 umumnya lebih tinggi dari asam humat yang menunjukkan bahwa berat molekul rendah dan kurang terpolimerisasi. Rasio asam fulvik yang relatif lebih besar daripada rasio asam humik mencerminkan tingkat aromatisasi yang rendah dan adanya proporsi struktur alifatik yang relatif besar di asam humik. Dari unsur komposisi, terbukti bahwa asam humik mengandung lebih banyak karbon (C) dibanding asam fulvik. Hal ini bisa dijelaskan oleh fakta bahwa pembentukan asam fulvik disertai dengan hilangnya karbon dan nitrogen dan mendapat oksigen (Nagaraja et al., 2014).



Gambar 4. 18 Hasil perhitungan E4/E6

Data pada grafik diatas merupakan hasil rasio rata-rata pengukuran sampel secara duplo. Diketahui rasio tertinggi yaitu sumber 2,250 pada pengambilan sampel 30 April 2019, sedangkan rasio terendah pada unit pengolahan klorinasi pengambilan sampel 30 April 2019 sebesar 0,980. Pada sumber diketahui rasio tertinggi yaitu pada pengambilan sampel 30 April 2019 yaitu 2,250 dan rasio terkecil pada pengambilan sampel 24 April 2019 yaitu 1,1. Pada unit pengolahan klorinasi rasio tertinggi yaitu 1,78 pada pengambilan sampel 22 April 2019 dan rasio terendah pada pengambilan sampel 30 April 2019 yaitu 0,98. Sedangkan pada unit pengolahan sedimentasi rasio tertinggi yaitu pada pengambilan sampel 17 Mei 2019 yaitu 1,947 dan rasio terendah pada pengambilan sampel 15 Mei 2019 yaitu 1,294. Pada unit pengolahan filtrasi nilai rasio cukup stabil, hanya terjadi penurunan dan merupakan rasio terendah pada pengambilan sampel 17 Mei 2019 yaitu 1,236 dan rasio tertinggi yaitu pada pengambilan sampel 15 Mei 2019 yaitu 1,769. Berikut hasil rata-rata rasio dari sumber dan unit-unit pengolahan.



Gambar 4. 19 Hasil rata-rata pengukuran E4/E6

Dari data tersebut diketahui rasio rata-rata terbesar yaitu pada unit pengolahan filtrasi, sedimentasi, sumber, dan yang terendah pada unit pengolahan klorinasi. Unit pengolahan klorinasi memiliki besar rasio rata-rata 1,467. Unit sedimentasi memiliki rasio rata-rata 1,558. Sumber memiliki rasio rata-rata 1,548. Sedangkan filtrasi memiliki besar rasio rata-rata 1,596. Menurut Uyguner et al., (2007), semakin rendah nilai rasio maka tergolong asam humik, semakin tinggi rasio maka semakin mendekati asam fulvik sampel tersebut. Dari data diatas menunjukkan bahwa nilai rasio terendah berada pada unit klorinasi. Ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa rasio E4 / E6 yang rendah dikaitkan dengan ukuran molekul besar atau berat molekul tinggi (Purmalis, 2013). Maka dari itu, dapat diketahui bahwa sumber, klorinasi, sedimentasi hingga filtrasi masih tergolong kedalam asam humik. Dalam Nagaraja et al., (2014) mengatakan 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. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa organik cenderung bersifat asam humik dimana berat molekul dan aromatic karbon lebih besar dibandingkan asam fulvik. Sehingga dapat dikatakan pada unit pengolahan klorinasi lebih berpotensi dalam pembentukan THM.

4.5 Perbandingan Antar Parameter

Setiap parameter NOM diyakini merepresentasikan NOM dalam senyawa yang berbeda. Pengukuran UV 254 nm dan UV 280 nm merepresentasikan NOM dalam senyawa yang hampir sama tetapi UV 280 nm tidak hanya dapat merepresentasikan senyawa aromatik tetapi juga bagus dalam merepresentasikan berat molekul serta sebagai pengujian pendukung UV 254 nm. begitu pula dengan rasio E2/E3 dan rasio E4/E6 yang mana merepresentasikan NOM yang sama yaitu berat molekul, asam humik dan asam fulvik. Semakin besar panjang gelombang maka semakin baik dalam merepresentasikan NOM. Hal ini yang kemudian digunakan untuk menunjukkan karakteristik NOM berdasarkan absorbansi dan rasio tertinggi (+) dan terendah (-) yang diperoleh pada masing-masing sumber air.

Tabel 4. 2 Perbandingan Antar Parameter

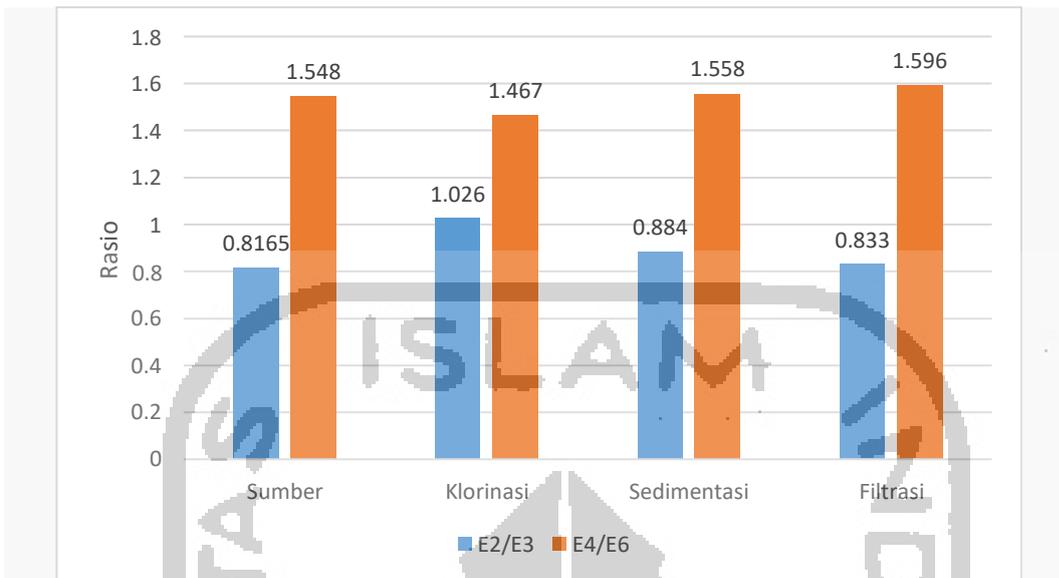
Titik Sampling	UV 254 nm	UV 280 nm	E2/E3	E4/E6
Sumber			-	
Klorinasi	+	+		-
Sedimentasi				
Filtrasi	-	-	+	+

Dari data diatas maka dapat diambil beberapa poin yaitu :

Nilai tertinggi pada UV 254 nm menunjukkan nilai rata-rata tertinggi yaitu pada unit pengolahan klorinasi. Klor yang bereaksi dengan partikel kandungan organik dapat mengubah partikel tersebut menjadi partikel terlarut sehingga terjadi peningkatan absorbansi pada sampel. Hal ini menunjukkan besarnya senyawa aromatik pada sampel tersebut. Besar kemungkinannya tingkat aromatik yang tinggi menyebabkan besarnya konsentrasi kaporit yang dibutuhkan. Klorin bereaksi dengan senyawa organik yang ada dalam air membentuk ion ClO^- yang kemudian akan bereaksi dengan senyawa aromatic dan asam humik yang terdapat di dalam air membentuk senyawa halogen organik termasuk THM. Nilai absorbansi terendah pada unit filtrasi menunjukkan efektivitas filtrasi yang baik dalam mereduksi zat organik.

UV 280 nm menunjukkan hasil yang sama dengan pengujian UV 254 nm. Besar kemungkinan hasil yang cenderung sama dikarenakan kedua panjang gelombang tersebut sama-sama merepresentasikan senyawa aromatik dan memiliki rentang panjang gelombang yang tidak terlalu jauh berbeda. Kecenderungan hasil yang sama ini membuktikan bahwa panjang gelombang 254 nm dan 280 nm memang merepresentasikan senyawa NOM yang sama dengan hasil yang tidak jauh berbeda. Pengujian dengan panjang gelombang 280 nm tidak hanya dapat merepresentasikan kandungan organik senyawa aromatik saja tetapi juga dapat merepresentasikan berat molekul dalam sampel tersebut. Selain itu, diperlukan pengujian dengan absorbansi lainnya selain UV 254 nm untuk mendukung hasil pengujian dari parameter sebelumnya. Untuk memprediksikan pembentukan THM, pada penelitian sebelumnya disebutkan absorbansi UV 254 nm memiliki korelasi yang kuat dan sangat umum digunakan untuk mengukur potensi terbentuknya THM (Uyguner et al., 2007).

Pada pengukuran rasio E2/E3 memiliki kecenderungan dalam menunjukkan berat molekul dan senyawa aromatik. (Metcalf & Eddy, 1991). Tingkat asam humik tertinggi yaitu pada sumber. Besarnya kandungan organik ini diperkirakan berasal dari sumber-sumber organik *Autochthonous* (alga dan in situ) lebih banyak mengandung kandungan organik alga. Selain itu dapat diperkuat dengan masuknya sumber organik *Allochthonous (terrestrial)* seperti pelapukan daun dan makhluk hidup lainnya yang masuk ke badan air melalui limpasan, serta aquatic seperti aktivitas mikroorganisme di dalam badan air. (Uyguner et al., 2007). sedangkan tingkat fraksi asam humik terendah yaitu pada unit pengolahan filtrasi yang mana menunjukkan berat molekul rendah. Penurunan berat molekul pada filtrasi besar kemungkinan akibat baiknya efektivitas filter dalam mereduksi partikel organik tersebut. Menurut Artinger et al., (2000), diketahui bahwa asam humik (*humic acid*) bersifat lebih reaktif untuk bereaksi dengan klorin dibandingkan dengan asam fulvik (*fulvic acid*). Karena itu, besarnya fraksi asam humik ini menjadi salah satu komponen utama dalam pembentukan THMs. Berat molekul juga menjadi faktor peningkatan reaksi pembentukan THMs.



Gambar 4. 20 Perbandingan Rasio E2/E3 dan E4/E6 tiap unit

Pada rasio E4/E6 menggolongkan kedalam fraksi asam humik dan asam fulvik dengan mencerminkan tingkat humifikasi dan berat molekul. Rerata tertinggi pada rasio E4/E6 yaitu pada unit klorinasi yang memiliki kecenderungan asam humik tinggi. Sedangkan untuk tingkat humifikasi terendah yaitu pada unit pengolahan filtrasi. Rendahnya nilai rasio tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran E2/E3. Pada rasio E2/E3 tingkat humifikasi tertinggi pada sumber sumur dalam dan terendah pada unit filtrasi, sedangkan pada rasio E4/E6 Tingkat Humifikasi tertinggi berada pada unit klorinasi. Hal ini besar kemungkinan dipengaruhi oleh panjang gelombang 250 nm yang digunakan pada E2/E3 yang mana umumnya digunakan untuk membaca senyawa aromatik pada NOM. Untuk menganalisis tingkat humifikasi bahan organik biasanya digunakan absorbansi UV-Vis pada 260-280 nm, karena gugus lignin dan kuinon (material awal humifikasi). Absorbansi pada 460-480 nm mencerminkan bahan organik pada awal humifikasi dan absorbansi pada 600-670 nm merupakan indikasi tingkat humifikasi yang tinggi dengan tingkat aromatik yang tinggi, dan kelompok terkondensasi (Purmali, 2013). Kecenderungan humifikasi yang berbeda dari rasio E2/E3 seperti pada Gambar 4.20 inilah dibutuhkan parameter lainnya sebagai pembanding tetapi masih

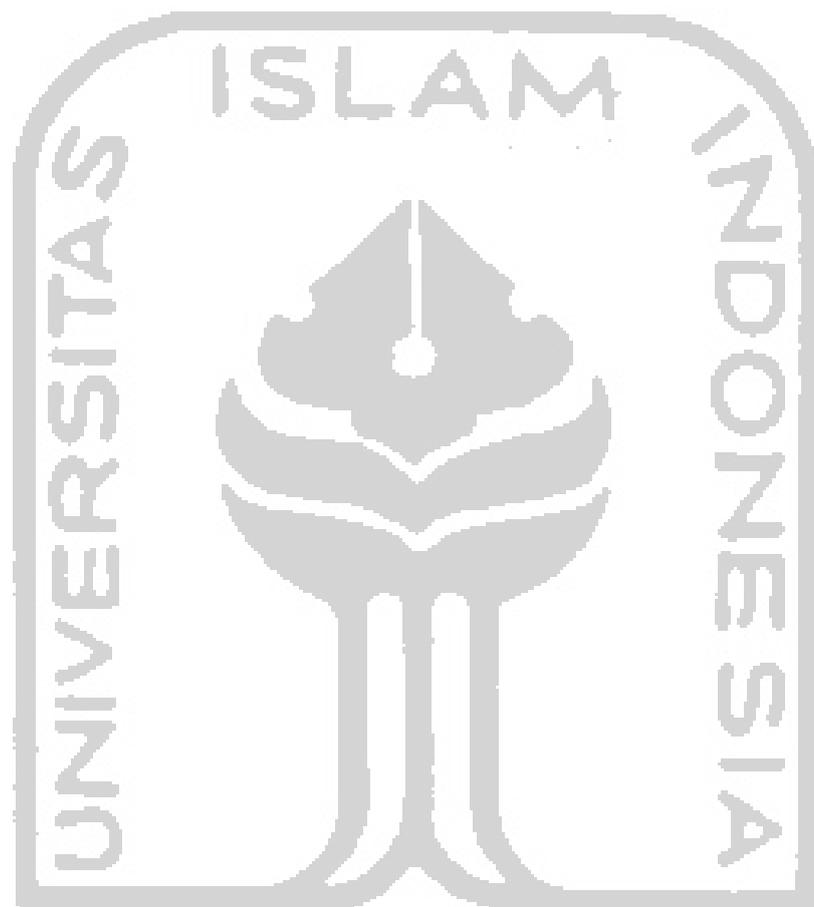
merepresentasikan senyawa organik yang sama. Parameter ini diyakini lebih baik dalam pembacaan humifikasi dari sampel E2/E3 dikarenakan pembacaan panjang gelombang yang lebih tinggi dari rasio E2/E3. Dari semua parameter menunjukkan tingginya potensi terbentuknya THM yaitu pada unit pengolahan klorinasi kecuali pada rasio E2/E3.

Selama proses-proses tersebut, dapat diketahui beberapa fraksi dapat dihilangkan selama pemrosesan, tetapi beberapa faksi lainnya dapat meningkat pula. Hal ini karena senyawa organik dengan berat molekul rendah cenderung sulit untuk dihapus dengan menggunakan proses pengolahan air konvensional. Pada proses filtrasi dapat disimpulkan dapat mereduksi *precursor* pembentukan THMs dengan baik.





“Halaman ini sengaja dikosongkan”



جامعة الإسلام في إندونيسيا