

ONE STAGED COAGULATION UNTUK MENURUNKAN KEKERUHAN DAN SENYAWA ORGANIK AIR BAKU PADA AIR MINUM KOTA CIMAHI

MILA DIRGAWATI¹, MELANESYA KAMBU²

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut
Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung

Email : mila.dirgawati@itenas.ac.id

ABSTRAK

Parameter kunci yang perlu diperhatikan dalam proses pengolahan air baku adalah kekeruhan dan Natural Organic Matter (NOM). Penelitian ini bertujuan untuk Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) Air Minum Kota Cimahi yang mengolah air menggunakan air baku Sungai Kota Cimahi untuk dapat mengetahui gambaran umum bagaimana respon air baku Sungai Cimahi terhadap metode pengolahan *two staged coagulation*. Metode penelitian yang digunakan meliputi pengambilan sampel air baku dari sungai tercemar dan penerapan metode *two staged coagulation* dengan variasi dosis koagulan Tawas. Parameter yang dianalisis adalah fisika-kimia meliputi pH, temperatur, kekeruhan, dan *Chromophoric DOM*. Berdasarkan hasil penelitian metode *two staged coagulation* belum mampu membantu IPAM Konvensional dalam menghadapi permasalahan dalam menyisihkan kekeruhan dan organik pada kondisi sungai tercemar. Selanjutnya, analisis statistik menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara dosis koagulan Tawas dengan efisiensi penyisihan kekeruhan dan CDOM.

Kata Kunci : Kekeruhan, CDOM, dan Dosis Koagulan

ABSTRACT

Key parameters that need to be considered in the raw water treatment process are turbidity and Natural Organic Matter (NOM). This study aims for the Cimahi City Drinking Water Regional Public Service Agency (BLUD) which processes water using Cimahi City River raw water to be able to obtain a general overview of how Cimahi River raw water responds to the two-staged coagulation treatment method. The research method used includes taking raw water samples from polluted rivers and applying the two-staged coagulation method with varying doses of Alum coagulant. The parameters analyzed are physicochemical including pH, temperature, turbidity, and Chromophoric DOM. Based on the results of the study, the two-staged coagulation method has not been able to help Conventional IPAM in dealing with problems in removing turbidity and organics in polluted river conditions. Furthermore, statistical analysis shows a significant relationship between the dose of Alum coagulant and the efficiency of turbidity and CDOM removal. In the right dose, the efficiency of turbidity and CDOM removal can increase significantly, which indicates the effectiveness of the two-staged coagulation method in treating raw water from polluted rivers. The results of this study can be used as a guideline to identify problems and solutions in treating contaminated raw water and ensuring the provision of safe, high-quality water for the community.

Keywords: Turbidity, CDOM, and Coagulant Dosage

1. PENDAHULUAN

Parameter kunci yang perlu diperhatikan dalam proses pengolahan air baku adalah kekeruhan dan Natural Organic Matter (NOM). Kekeruhan yang tinggi dapat mengindikasikan adanya kontaminan oleh partikel organik dan anorganik yang berdampak pada kesehatan manusia jika dikonsumsi (Mahapatra dkk., 2021). Sedangkan, NOM merupakan komponen di dalam air permukaan yang merupakan hasil degradasi dari sisa tumbuhan dan hewan yang menghasilkan senyawa (asam humat, asam fulvat, dan protein) (Chen dkk., 2019). Kegagalan dalam menyisihkan kedua parameter ini dapat menyebabkan beban kerja pada unit pengolahan lainnya, seperti peningkatan dosis koagulan, frekuensi backwash yang tinggi, dan tingkat pengotoran membran semakin tinggi (Sururi dkk., 2021; Wang dkk., 2022).

2. METODOLOGI

1. Pengukuran jar test dilakukan langsung di Laboratorium BLUD Air Minum Cimahi. Metode jar test untuk menentukan dosis koagulan optimum untuk di bubuhkan dalam proses *one staged* dan *two staged coagulation*. Koagulan Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) atau tawas dengan konsentrasi 17%. Pengukuran dilakukan pada pagi, siang dan sore selama 5 hari.

Proses uji koagulasi- Flokulasi dengan metode *one staged* dan *two staged coagulation* dapat dilihat pada tabel berikut.

Koagulasi-Flokulasi Satu Tahap (*One Staged*)

1. Koagulan : Tawas
2. Variasi Dosis : 10ml, 20ml, 30ml, 40ml, 50ml, 60ml
3. Pembunuhan : 1 kali

Langkah kerja :

- Masukkan 1000 ml air sampel dari bak prasedimentasi ke dalam 6 gelas beker 1000 ml
- Tambahkan larutan tawas secara bertingkat mulai dari 10 ml – 60 ml.
- Lakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit
- Lanjutkan pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan 60 rpm selama 30 menit
- Biarkan flok mengendap selama 30 menit

2. Parameter *Chromophoric Dissolved Organic Matter* (CDOM) yang dianalisis yaitu absorbansi UV_{254} , absorbansi UV_{355} , absorbansi rasio $UV_{300/400}$. Untuk pengukuran senyawa organik yang diwakili oleh *Chromophoric Dissolved Organic Matter* (CDOM) diukur menggunakan alat Spektrofotometer *UV-Vis Thermo Scientific* yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITENAS Bandung dengan tujuan untuk mengetahui jenis senyawa dan karakteristik organik didalam air. Pengukuran CDOM menggunakan metode spektrofotometri yang 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).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Karakteristik Fisik-Kimia Eksisting

Pengukuran parameter fisik mencakup suhu ($^{\circ}C$), kekeruhan (NTU), dan parameter kimia yaitu tingkat keasaman atau Power of Hydrogen (pH) dan senyawa organik yang dinyatakan dalam parameter Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) . Tujuan dari analisis karakteristik fisik-kimia air baku yaitu untuk mengetahui kualitas air baku di Sungai Cimahi dan air hasil pengolahan koagulasi – flokulasi – sedimentasi. Hasil pengukuran dari air sebelum diolah untuk parameter derajat keasaman (pH), suhu,

kekeruhan dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Air hasil pengolahan koagulasi – flokulasi – sedimentasi mengacu pada syarat-syarat tertentu (Dzubek, 1990):

- a. Kekerusuhan < 5 NTU, dan
- b. pH yang dihasilkan antara 6,5 – 8,5

Tabel 3.1 Rekapitulasi dari Hasil Pengukuran Parameter Fisika-Kimia

Outlet Prasedimentasi				Outlet Sedimentasi		
Parameter	Rentang	Rata-rata	SD	Rentang	Rata-rata	SD
Derajat Keasaman (pH)	7-7,55	6,61	2,33	5,64-7,3	5,95	2,16
Temperatur	20,7-26,1	22,40	7,87	23,22-26,27	22,40	7,94
Kekeruhan	18,12 - 28,14	7,76	8,37	0,22-19,54	7,89	6,91

1.1.1 Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM)

Pengukuran senyawa organik dilakukan dengan parameter Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) untuk melihat karakteristik senyawa organik yang terkandung pada air sampel Sungai Cimahi pada rentang gelombang (λ) 200-600 nm menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Pengukuran CDOM secara spesifik terdapat pada panjang gelombang 254 nm (UV254) yang mewakili senyawa aromatik (Suksaroj dkk., 2009), sedangkan pengukuran 355 nm (UV355) mewakili senyawa aromatik terrestrial kromofor (Dainar, 2013) dan untuk mengukur proporsi asam humat dan fulvat dilakukan pada panjang gelombang 300 nm dan 400 nm yang di buat rasio (UV300/400). Pengukuran CDOM dilakukan pada awal sampel dan setelah sampel air Sungai Cimahi melalui proses jar test dengan metode one staged maupun two staged. Analisis dari nilai Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM) terdiri dari UV254, UV355, UV300/400.

1.2 Performa Proses One Staged dan Two Staged Coagulation

1.2.1 Parameter Fisik- Kimia

1. Derajat Keasaman (pH)

Performa proses *one staged coagulation* dan *two staged coagulation* berpengaruh juga terhadap pH. Pada proses *one staged coagulation*, pembubuhan dosis tawas diberikan sekaligus, sehingga ion H^+ yang dihasilkan banyak dalam waktu singkat, menyebabkan penurunan pH lebih besar. Sedangkan pada proses *two staged coagulation* pembubuhan tawas di bagi menjadi dua tahap sehingga penurunan pH lebih cenderung stabil. Pada hasil pengukuran *one staged coagulation* dan *two staged coagulation* di pagi, siang, dan sore hari dapat dilihat bahwa performa *two staged* lebih baik di bandingkan *one staged coagulation*.

2. Temperatur

Performa pada *one staged* dan *two staged coagulation* koagulasi meningkat pada temperatur. Hal ini disebabkan oleh reaksi hidrolisis tawas dalam air yang menghasilkan asam sulfat dan aluminium hidroksida, melepaskan panas (reaksi eksotermik) dan interaksi adsorpsi kation Al^{3+} dengan partikel koloid yang juga melepaskan energi. Namun, *two staged coagulation* tetap menunjukkan keunggulan dalam membentuk flok yang lebih besar dan stabil. Hasil

pengukuran *one staged* dan *two staged coagulation* menunjukan bahwa temperatur meningkat meskipun masih memenuhi baku mutu.

3. Kekeruhan

Pengadukan merupakan salah satu faktor yang menunjang hasil dari kogulasi-flokulasi. Maka diperlukan proses pengadukan yang benar-benar merata sehingga semua koagulan yang dibutuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel dan ion-ion yang ada dalam air.

Kecepatan pengadukan ini berpengaruh terhadap pembentukan flok, apabila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnya flok terbentuk sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat mengakibatkan pecahnya flok yang terbentuk (Reynold, 1982). Untuk mendapatkan hasil flokulasi yang baik maka lama pengadukan sangat menentukan untuk mendapatkan sisa kekeruhan yang maksimal (Reynold, 1982). Tingkat kekeruhan yang rendah akan menyebabkan proses destabilisasi sukar terjadi, sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi, maka proses destabilisasi akan berlangsung dengan cepat tetapi apabila kondisi tersebut digunakan dosis koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif.

Tabel 3.2 Efisiensi Penyisihan Kekeruhan antara Proses *One staged* dan *Two Staged Coagulation*

Proses	Kekeruhan Awal	Kekeruhan Akhir	Efesiensi (%)
One Staged	33,35	2,1	93,70
	24,345	5,55	77,20
	23,675	8,8	62,83

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

1.2.2 Chromophoric Dissolved Organic Matter (CDOM)

A. Nilai UV₂₅₄

Dari hasil pengukuran, proses *one staged coagulation* mampu menyisihkan UV₂₅₄ sebesar 27,33% pada pagi hari dan 57,11% pada sore hari.

B. Nilai UV₃₅₅

Pada *one staged coagulation*, penyisihan nilai UV₃₅₅ pada pagi hari yaitu 32,63%, Sedangkan pada sore hari berkisar 69,98%.

C. Nilai UV_{300/400} atau E3/E4

Proses *one staged coagulation* di pagi hari mampu menyisihkan 23,33 %, pada sore hari proses *one staged* mampu menyisihkan 85,41%. Proses mampu menyisihkan sebagian senyawa organik, terutama fraksi yang bersifat hidrofobik.

Studi menunjukkan bahwa *one staged coagulation* hanya berkisar antara 40%–63%.

KESIMPULAN

Kualitas air baku dari Sungai Cimahi memenuhi baku mutu untuk parameter pH dan temperatur, tetapi kekeruhan tidak memenuhi baku mutu air baku (PP 22 tahun 2021). Air baku mengandung senyawa organik dengan kuantitas 0,14 cm⁻¹ untuk UV₂₅₄ mengindikasikan senyawa organik aromatik, UV₃₅₅ sebesar 0,06 cm⁻¹ yang mengindikasikan senyawa organik terrestrial, dan UV_{300/UV400} sebesar 2,81 – 3,07 cm⁻¹ yang mengindikasikan asam humat. Proses *one staged coagulation* mampu menurunkan kekeruhan 77,91%. Penyisihan senyawa organik yang diwakili oleh CDOM dengan panjang gelombang UV₂₅₄ sebesar 42,22 %, UV₃₅₅ sebesar 51,30 % dan UV_{300/400} sebesar 54,37%.

DAFTAR RUJUKAN

- Abu Hasan, H., Muhammad, M. H., & Ismail, N. I. (2020). A review of biological drinking water treatment technologies for contaminants removal from polluted water resources. *Journal of Water Process Engineering*, 33(May 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101035>
- Agustiniingsih, D. (2012). *Blukar River Quality Study, Kendal Regency in Efforts to Control River Pollution*.
- Ahmadi, M., & Saeedi, M. (2018). Optimization of Turbidity Removal from Water Using CoagulationFlocculation Method. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 6(1), 12-17
- Amani, F., & Prawiroredjo, K. (2016). Alat ukur kualitas air minum dengan parameter pH, suhu, tingkat kekeruhan, dan jumlah padatan terlarut. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 14(1), 49-62
- Artinger, R., G. Buckaua, S. Geyerb, P. Fritz, & M. Wolfc, J.I. (2000). Characterization of groundwater humic substances: influence of sedimentary organic carbon. *Applied Geochemistry* 15, 97 ± 116
- Bahriyah, N., Laili, S., & Syauqi, A. (2018). The Water Quality Test of Metro River in Merjosari Sub-District of Lowokwaru District of Malang City. *Jurnal Ilmiah BIOSAIN TROPIS (BIOSCIENCE-TROPIC)*, 3, 18–25.
- Bongiovanni, R., Rusu, L., & Tiron-Tudor, A. (2015). Influence of Temperature on Coagulation– Flocculation Process. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(4), 1735-1742.
- Cunnane, C. (1977). Systematic hydrology. In *Journal of Hydrology* (Vol. 35, Issues 1–2, p. 209). [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(77\)90089-0](https://doi.org/10.1016/0022-1694(77)90089-0)
- Dayarathne, H. N. P. (2023). Removal of Natural Organic Matter from source water. *School of Computing, Engineering & Mathematical Sciences. La Trobe University, February*, 1–142. https://opal.latrobe.edu.au/articles/thesis/Removal_of_Natural_Organic_Matter_from_Source_Water/20454456
- Dziubek, A.M. dan Kowal, .A.L. 1990. High pH Coagulation-Adsorption : A new technology for water treatment and reuse. Institute of Environmental Protection Engineering Technical University of Wroclaw Poland.
- Edzwald, J. K. (1993). Coagulation in drinking water treatment: Particles, organics and coagulants. *Water Science and Technology*, 27(11), 21–35. <https://doi.org/10.2166/wst.1993.0261>
- Ferdiansyah, F., Sofarini, D., & Rahman, A. (2023). Poly Aluminium Chloride (Pac) Dan Aluminium Sulfat (Tawas) Dalam Penanganan Air Limbah Logam Berat Di Pt. Silo Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *AQUATIC Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 6(1), 58–72. <https://doi.org/10.20527/aquatic.v6i1.2079>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hamzah Syahrudin, M., & Halide, H. (2020). PKM Konservasi Air Tanah di Kecamatan Mappakasunggu dan Manggarabombang Kabupaten Takalar Groundwater Conservation in Mappakasunggu and Manggarabombang, District Takalar. *Jurnal Panrita Abdi*, 4(2), 172–183. <http://journal.unhas.ac.id/index.php/panritaabdi>
- Harahap, L. A., Sirait, R., & Yusuf Lubis, R. (2023). EFEKTIVITAS BIJI KELOR PADA PROSES KOAGULASI UNTUK PENURUNAN KEKERUHAN, LOGAM (Fe), DAN ZAT ORGANIK (KMnO4) PADA AIR. *Journal Online of Physics*, 8(2), 66–69. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i2.20970>
- January, E., Putra, H. S. C., & Zairinayati, Z. (2021). PENGGUNAAN LIDAH BUAYA (Aloe vera) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI UNTUK MENURUNKAN KEKERUHAN AIR. *Ruwa Jurai: Jurnal*

- Kesehatan Lingkungan*, 15(1), 23. <https://doi.org/10.26630/rj.v15i1.2152>
- Karamah, Lubis. 2005. Pralakuan koagulasi dalam proses pengolahan air dengan membran. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. Indonesia
- Khairul. (2017). Studi faktor fisika kimia perairan terhadap biota akuatik di ekosistem Sungai Belawan. *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu UNA*, 3, 1132–1140.
- Khoiro, N. A., Fahmia, Z., & Takwanto, A. (2023). Pemanfaatan Lumpur Aktif Sebagai Koagulan Di Unit Water Treatment Ppsdm Migas Cepu. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(1), 20–29. <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i1.172>
- Kusumaningtyas, D. I., & Sumarno, D. (2017). Analisa Statistik Data Uji Banding Nitrit (N-No₂) Dan Fosfat (P-Po₄) Pada Air Permukaan Di Laboratorium Brpsdi. *BULETIN TEKNIK LITKAYASA Sumber Daya Dan Penangkapan*, 15(2), 85. <https://doi.org/10.15578/btl.15.2.2017.85-92>
- Lamsal, R., Walsh, M. E., & Gagnon, G. A. (2011). Comparison of advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter. *Water Research*, 45(10), 3263–3269. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.03.038>
- Liu, Y., Li, L., Wang, Y., Liu, Z., Fu, J., Yu, Z., Zhang, H., & Zhao, H. (2022). Impact of Natural Organic Matter on Coagulation Efficiency and Membrane Fouling in Drinking Water Treatment: A Review. *Journal of Environmental Management*, 312, 114693.
- Maćczak, P., Kaczmarek, H., & Ziegler-Borowska, M. (2020). Recent achievements in polymer bio-based flocculants for water treatment. *Materials*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/ma13183951>
- Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran Dan Suhu Air Sungai Pada Parameter Kualitas Air Cod, Tss Di Sungai Winongo Menggunakan Software Qual2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art6>
- Pampang, H., Assumpta, M., Ole, N., & Darajat, Z. (2022). Efektivitas Penggunaan Poli Aluminium Klorida (PAC) dan Aluminium Sulfat (Tawas) Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri pada Waste Water Treatment Plant (WWTP) PT. KIMA Makassar dengan Metode Koagulasi Menggunakan Jar Test. *Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(4), 853–858.
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. (2021). Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional - PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Perisic Mileta. 2006. NOM and Arsenic Removal by Enhance Coagulation. European Water Association (EWA).
- Rangga Sururi, M., & Hardika. (2024). Penyisihan Kekerusuhan Dan Natural Organic Matter (Nom) Pada Unit Koagulasi-Flokulasi Instalasi Pengolahan Air Minum Di Asia Tenggara : Studi Literatur. *Jurnal Reka Lingkungan*, 12(1), 63–79. <http://dx.doi.org/10.26760/rekalingkungan.v12i1.63-79>
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiyah, I. (2016). Rohimah 107892-ID-pengolahan-limbah-deterjen-dengan-metode. *Konversi*, 5(2), 13–19.
- Sumampouw, O. (2016). Diktat Pencemaran Lingkungan. *Bahan Ajar Mata Kuliah Pencemaran Lingkungan*, June, 4–10. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3278.8649>
- Suhartati, Tati. (2017). Dasar-dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik. Bandar Lampung: AURA - Anugrah Utama Raharja.
- Sururi, M. R. (2012). Penyisihan Bahan Organik Alami Pada Air Permukaan dengan Ozonisasi dan Ozonisasi-Filtrasi. *Jurnal Purifikasi*, 13(1), 1-8.
- Sururi, M. R., Dirgawati, M., Notodarmojo, S., Roosmini, D., Putra, P. S., Rahman, A. D., & Wiguna, C. C. (2023). Chromophoric dissolved organic compounds in urban watershed and conventional water treatment process: evidence from fluorescence spectroscopy and PARAFAC. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 37248–37262.

<https://doi.org/10.1007/s11356-022-24787-8>

- Syarpin, S., & Harianto, B. (2021). Pengolahan Air Sungai Kahayan Kalimantan Tengah Menggunakan Biji Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L) Sebagai Koagulan Alami. *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, 1(1), 20–28. <https://doi.org/10.33369/rjna.v1i1.15590>
- Tandiarrang, J., Devy, S. D., & Trides, T. (2016). Studi Perbandingan Penggunaan Tawas dalam Pengolahan Air Asam Tambang di PT. Kaltim (Research Ratio Employing Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) And Calcium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) In Processing Acid Mine Drainage At PT Kaltim Diamond Coal Subdistri. *Jurnal Teknologi Mineral*, 4(1), 23–30.
- Tchobanoglous, G., L. Burton, F., & Stensel, D. H. (2003). Metcalf & Eddy: Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. In *McGraw Hill Companies, Inc.* (Issue 7, p. 421).
- Thurman, E. M. (2012). Organic geochemistry of natural waters (Vol. 2): Springer Science & Business Media.
- Usefi, S., & Asadi-Ghalhari, M. (2019). Modeling and optimization of the coagulation-flocculation process in turbidity removal from aqueous solutions using rice starch. *Pollution*, 5(3), 623–636. <https://doi.org/10.22059/poll.2019.271649.552>
- Yogafanny, E. (2015). Pengaruh Aktivitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 29–40. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art3>
- Zainudin, F. M., Hasan, H. A., & Abdullah, S. R. S. (2016). Characterization of trihalomethanes (THMs) levels in surface water, domestic and industrial wastewater. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(3), 268–276. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.268.276>
- Zazouli, M. A., Nasser, S., Mahvi, A. H., Mesdaghinia, A. R., Younecian, M., & Gholami, M. (2007). Determination of hydrophobic and hydrophilic fractions of natural organic matter in raw water of Jalalieh and Tehranspars water treatment plants (Tehran). *Journal of Applied Sciences*, 7(18), 2651–2655. <https://doi.org/10.3923/jas.2007.2651.2655>