



Analisis Kinerja IPAL PT X Jawa Timur dalam Menurunkan Parameter Pencemar Menggunakan Pendekatan *Water Quality Index* (WQI)

Muchammad Ali Fikri ¹, R Mohammad Alghaf Dienullah ^{2*}

^{1,2} Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia

*Penulis Korespondensi: alghaf.ft@upnjatim.ac.id

Abstract. *The plastic recycling industry generates wastewater that poses a potential threat to aquatic environments if not managed optimally. Performance evaluation of Wastewater Treatment Plants (WWTP) is typically conducted partially by comparing outlet parameters against effluent standards, often failing to depict water quality conditions holistically. Therefore, this study employs the Water Quality Index (WQI) approach using the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) method to evaluate the performance of PT X's WWTP in East Java. This research utilized secondary data from inlet and outlet wastewater quality tests over 23 months (January 2024–November 2025), covering 10 parameters. Analysis was conducted by calculating removal efficiency and determining factors F1 (scope), F2 (frequency), and F3 (amplitude) as the basis for the WQI-CCME calculation. The results indicate that the WWTP achieved high efficiency (>80%) in reducing dominant parameters such as TSS, TDS, BOD, and COD. However, violations of effluent standards were still observed in certain parameters. The obtained WQI-CCME value was 69,30, categorized as "Fair" with a moderate level of violation. These findings demonstrate that although the WWTP meets regulatory standards, the WQI-CCME approach provides a more comprehensive assessment of performance. Optimization of advanced treatment units is recommended to improve effluent quality and sustainable WWTP performance.*

Keywords: CCME; Environment; Plastic Industry; Wastewater Treatment Plant; Water Quality Index.

Abstrak. Industri daur ulang plastik menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan perairan apabila tidak dikelola secara optimal. Evaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) umumnya masih dilakukan secara parsial melalui perbandingan parameter outlet dengan baku mutu, sehingga belum mampu menggambarkan kondisi kualitas air secara holistik. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan *Water Quality Index* (WQI) metode *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME) untuk mengevaluasi kinerja IPAL PT X di Jawa Timur. Penelitian menggunakan data sekunder hasil uji kualitas air inlet dan outlet selama 23 bulan (Januari 2024–November 2025) dengan 10 parameter. Analisis dilakukan melalui perhitungan efisiensi pengolahan serta penentuan faktor F1 (cakupan), F2 (frekuensi), dan F3 (besar penyimpangan) sebagai dasar WQI-CCME. Hasil menunjukkan IPAL memiliki efisiensi tinggi (>80%) menurunkan parameter dominan seperti TSS, TDS, BOD, dan COD. Namun, masih terdapat pelanggaran baku mutu pada parameter tertentu. Nilai WQI-CCME diperoleh sebesar 69,30, masuk kategori *fair* (cukup) dengan tingkat pelanggaran sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa meski IPAL memenuhi baku mutu regulatif, pendekatan WQI-CCME memberikan gambaran kinerja lebih komprehensif. Direkomendasikan optimalisasi unit pengolahan lanjutan untuk meningkatkan kualitas efluen dan kinerja IPAL secara berkelanjutan.

Kata kunci: CCME; IPAL; Industri Plastik; Lingkungan; Water Quality Index

1. LATAR BELAKANG

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) memegang peranan krusial dalam mitigasi pencemaran lingkungan, terutama dalam memastikan efluen industri memenuhi standar keamanan sebelum dilepaskan ke badan air (Obaideen et al., 2022; Edokpayi et al., 2017). PT X yang berlokasi di Jawa Timur, sebagai perusahaan yang berfokus pada daur ulang plastik bekas, menghadapi tantangan spesifik dalam pengelolaan limbah cairnya. Proses pencucian dan ekstrusi plastik menghasilkan air limbah yang mengandung beban organik tinggi serta kontaminan spesifik seperti mikroplastik dan aditif kimia berbahaya (Thanh et al., 2021; Eriksen et al., 2018). Studi terbaru menunjukkan bahwa air limbah industri daur ulang plastik

yang tidak terolah dengan sempurna menjadi vektor utama penyebaran mikroplastik ke lingkungan, yang berdampak serius pada ekosistem akuatik dan kesehatan manusia (Kinigopoulou et al., 2022; Piazza et al., 2022).

Saat ini, evaluasi kinerja IPAL di PT X masih dilakukan dengan pendekatan konvensional seperti membandingkan parameter outlet secara parsial (*BOD*, *COD*, *TSS*) dengan baku mutu yang berlaku. Meskipun metode tersebut memenuhi kewajiban regulasi, pendekatannya dinilai memiliki keterbatasan karena gagal menangkap dinamika kualitas air secara menyeluruh dan kesulitan dalam mengkomunikasikan kondisi kualitas air kepada pemangku kepentingan non-teknis (Uddin et al., 2021). Evaluasi berbasis parameter tunggal seringkali memberikan hasil yang kontradiktif, di mana satu parameter memenuhi syarat sementara parameter lain tidak memenuhi syarat, sehingga menyulitkan pengambilan keputusan manajerial terkait efisiensi IPAL (El-Serehy et al., 2023). Sebagai solusi atas keterbatasan tersebut, metode *Water Quality Index (WQI)* semakin banyak diadopsi dalam penelitian lingkungan modern (Sutadian et al., 2016; Tyagi et al., 2013). *WQI* adalah instrumen matematika yang mentransformasikan sejumlah besar data parameter kualitas air yang kompleks (fisik, kimia, dan biologis) menjadi skor tunggal yang representatif (Chabuk et al., 2020). Penelitian terkini menyoroti keunggulan *WQI* dalam mendeteksi tren penurunan kualitas air yang mungkin terlewatkan oleh metode pemantauan konvensional, serta kemampuannya dalam mengklasifikasikan status air secara lebih intuitif, contohnya seperti interpretasi Baik, Cukup, Buruk (Nong et al., 2020). Meskipun *WQI* telah diaplikasikan secara luas untuk memantau badan air sungai dan danau dalam lima tahun terakhir (Ustaoglu et al., 2020), penerapannya secara spesifik untuk mengevaluasi efisiensi kinerja outlet IPAL industri daur ulang plastik masih terbatas. Kebanyakan studi berfokus pada dampak lingkungan penerima, bukan pada efektivitas unit pengolahan itu sendiri (Wu et al., 2021; Sener et al., 2017). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja IPAL PT X di Jawa Timur menggunakan pendekatan *WQI*. Penggunaan *WQI* diharapkan dapat memberikan penilaian holistik mengenai efektivitas IPAL dalam mereduksi beban pencemar secara agregat, melengkapi data kepatuhan baku mutu yang sudah ada.

2. KAJIAN TEORITIS

Limbah cair industri daur ulang plastik mengandung beban organik tinggi dan kontaminan spesifik yang berisiko menjadi vektor penyebaran mikroplastik ke lingkungan jika tidak terolah sempurna (Iyare et al., 2020). Studi terkini menunjukkan bahwa teknologi pengolahan konvensional seringkali menghadapi tantangan dalam menyisihkan polutan mikro

ini secara optimal, sehingga diperlukan evaluasi kinerja IPAL yang ketat untuk memitigasi dampak pada ekosistem akuatik (Kinigopoulou et al., 2022).

Evaluasi kinerja IPAL secara konvensional yang hanya membandingkan parameter outlet dengan baku mutu dinilai parsial dan sering gagal menggambarkan dinamika kualitas air secara utuh (Uddin et al., 2021). Sebagai solusi, pendekatan Water Quality Index (WQI) digunakan untuk mentransformasikan data fisik, kimia, dan biologis yang kompleks menjadi skor tunggal yang representatif, memudahkan interpretasi status mutu air bagi pengambil keputusan (Chabuk et al., 2020).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data melalui studi dokumen, yang menghasilkan data kuantitatif. Berikut adalah penjelasan lebih detail metode pengujian dalam penelitian ini

Penelitian ini akan mengevaluasi kinerja IPAL dengan lebih menyeluruh. Menggunakan indeks WQI dengan metode CCME-WQI sebagai metode utama. Data yang diperlukan adalah data uji Inlet dan Outlet IPAL, yang kemudian dianalisis untuk menghitung efisiensinya kemudian indeks WQI. Sehingga bisa menjadi dasar interpretasi evaluasi dan perbaikan IPAL. Untuk menentukan efisiensi kinerja dapat dilakukan dengan membandingkan besar parameter pencemar pada inlet dan outlet IPAL, namun untuk menentukan besar efisiensi dari IPAL tersebut dilakukan perhitungan secara matematis dengan rumus dibawah ini

$$Efisiensi\ IPAL\ (\%) = \frac{C_{in}-C_{out}}{C_{in}} \times 100\ \% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- C_{in} = Nilai/ Besar Pencemar Pada Inlet IPAL
- C_{out} = Nilai/Besar Pencemar Pada Outlet IPAL

Sedangkan untuk menentukan nilai *WQI* (*Water Quality Index*) menggunakan indeks *CCME-WQI* untuk mengukur intensitas baku mutu tidak memenuhi (Uddin et al., 2021). Metode *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME) akan mengevaluasi kualitas air berdasarkan tiga faktor: cakupan (F1), frekuensi (F2), dan amplitudo penyimpangan (F3) (Almira et al., 2024). Metode ini terbukti lebih unggul dibandingkan indeks lain dalam mendeteksi variasi spasial-temporal dan memberikan penilaian kinerja pengelolaan air yang holistik dan akurat (Nong et al., 2020; Ustaoglu et al., 2020). Untuk analisisnya dapat menggunakan rumus berikut

$$Index\ WQI = \frac{\sum(W_i \times Q_i)}{\sum W_i} \dots\dots\dots(2)$$

$$Index\ CCME - WQI = 100 - \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \dots\dots\dots(3)$$

(Almira et al., 2024)

Keterangan :

- W_i = Nilai/ Besar Parameternya
- Q_i = Nilai kualitas per parameter
- $F1^2$ = Cakupan Pelanggaran Baku Mutu
- $F2^2$ = Frekuensi Pelanggaran Baku Mutu
- $F3^2$ = Besar Pelanggaran Baku Mutu

Setelah mendapatkan nilai *WQI*, nilai tersebut dapat dibandingkan dengan indeks kualitas air *WQI* berdasarkan indeks *CCME-WQI* seperti dibawah ini

Tabel 1. Indeks WQI-CCME.

Rentang Nilai CCME WQI	Kategori	Deskripsi
95 - 100	Excellent	Tidak ada atau sangat sedikit pelanggaran terhadap baku mutu
80 - 94	Good	Kualitas air baik, pelanggaran kecil
65 - 79	Fair	Kualitas air cukup, pelanggaran sedang
45 - 64	Marginal	Kualitas air rendah, sering melanggar
0 - 44	Poor	Kualitas air sangat buruk

Sumber : CCME, 2001.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder hasil uji Inlet dan Outlet IPAL PT X Jawa Timur pada rentang waktu Januari 2024 – November 2025, data yang tersebut akan dianalisis yang menghasilkan data rerata Inlet dan Outlet sebagai acuan perhitungan selanjutnya. Berikut adalah datanya.

Tabel 2. Parameter Inlet dan Outlet IPAL PT X.

Parameter	Satuan	Rata-Rata Inlet	Rata-Rata Outlet	Baku Mutu
Temperatur	°C	28.80	29.01	38
TSS (Zat Padat Tersuspensi)	mg/L	183.02	18.13	200
TDS (Zat Padat Terlarut)	mg/L	3409.57	348.61	2000
pH	-	7.28	7.66	6 sampai 9
BOD	mg/L	1177.91	22.82	50
COD	mg/L	492.55	44.89	100

Nitrat (NO₃-N)	mg/L	1.66	0.40	20
Nitrit (NO₂-N)	mg/L	0.13	0.09	1
Amonia Total (NH₃-N)	mg/L	4.19	0.84	1
Ecoli	MPN/100 ml	6130.43	2471.46	1000

Sumber : Analisis, 2025.

Keterangan

1. Baku mutu selain Ecoli = Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Lampiran V Baku Mutu bagi Kegiatan Industri Lain pada golongan 1
2. Baku Mutu Ecoli = Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 lampiran VI Baku Mutu Sungai Kelas 1

Efisiensi IPAL

Tabel 3. Efisiensi IPAL PT X.

Parameter	Efisiensi IPAL (%)
Temperatur	(-)
TSS (Zat Padat Tersuspensi)	91.26
TDS (Zat Padat Terlarut)	86.88
pH	(-)
BOD	98.07
COD	90.88
Nitrat (NO₃-N)	76.02
Nitrit (NO₂-N)	27.50
Amonia Total (NH₃-N)	79.91
Ecoli	57.87

Sumber : Analisis, 2025.

Berdasarkan data diatas mayoritas besar removal pada IPAL yang paling besar dengan nilai lebih dari 80 % adalah parameter potensial umum seperti *TSS*, *TDS*, *BOD* dan *COD*. Hal ini dimungkinkan karena IPAL didesain berdasarkan parameter pencemar dominan pada proses produksi perusahaan yang banyak menghasilkan keempat pencemar tersebut. Pencemar lain nilai efisiensinya lebih kecil karena parameter tersebut jarang ditemukan ataupun nilainya kecil sehingga walaupun efisiensi IPAL kecil tetap dapat meremoval pencemar sesuai baku mutu yang digunakan.

Nilai dan Analisis WQI

WQI (*Water Quality Index*) adalah suatu indeks kualitas air yang dapat menentukan apakah suatu ekosistem atau lingkup unit memiliki kemampuan untuk menjaga kualitas air pada area tersebut. Pada penelitian kali ini, indeks WQI yang digunakan adalah *WQI-CCME*

yang distandarisasi oleh kelompok menteri Kanada yang memungkinkan melakukan pengujian kinerja IPAL secara menyeluruh (Almira et al., 2024; Uddin et al., 2021).

Tahapan Perhitungan

a. Menghitung F1

F1 merupakan cakupan atau banyaknya parameter yang tidak memenuhi baku mutu. Berdasarkan data outlet IPAL PT X mulai bulan Januari 2024 hingga November 2025. Dari total 10 parameter yang dianalisis, 3 diantaranya tidak memenuhi baku mutu adalah COD, Amonia dan Ecoli. Sehingga secara matematis dapat dihitung sebagai berikut

$$F1 = \frac{\text{Jumlah Parameter yang Gagal}}{\text{Jumlah Total Parameter}} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

$$= \frac{3}{10} \times 100 = 30 \%$$

Sehingga 30 % parameter mengalami pencemaran

b. Menghitung F2

F2 Mengukur berapa banyak hasil uji atau pengukuran yang gagal memenuhi baku mutu pada rentang waktu tertentu. Total rentang waktu adalah 23 bulan mulai Januari 2024 hingga November 2025. Dengan 10 parameter sehingga total data berjumlah 230 data. Dari total data tersebut terdapat 11 kali pengukuran outlet gagal memenuhi baku mutu pada 3 parameter yaitu COD, Amonia Total dan Ecoli. Sehingga secara matematis bisa dihitung F2 sebagai berikut

$$F1 = \frac{\text{Jumlah Data yang Gagal}}{\text{Jumlah Total Data}} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

$$= \frac{11}{230} \times 100 = 4,78 \%$$

Sehingga 4,78 % data pada pengujian melebihi standar baku mutu

c. Menghitung F3

F3 mengukur seberapa besar penyimpangan dari baku mutu yang akan diuji. F3 dihitung dengan melakukan perhitungan penyimpangan data (*Excursion*) dan kemudian menghitung NSE sehingga didapatkan nilai F3. Berikut adalah perhitungan F3

- 1) Excursion dari 11 kali parameter yang menyimpang = 61,44
- 2) Dibagi jumlah total data yaitu $10 \times 23 = 230$
- 3) Sehingga $NSE = 61,44/230 = 0,267$
- 4) Kemudian dilanjutkan perhitungan F3 dengan Rumus dibawah ini

$$F3 = \frac{NSE}{0,01 \times NSE + 1} \dots\dots\dots(6)$$

$$F3 = \frac{0,267}{0,01 \times 0,267 + 1} \times 100 = 26,62 \%$$

Sehingga $F3 = 26,62 \%$

d. Menghitung Nilai WQI dan Membandingkan dengan Indeks WQI-CCME

Jika nilai $F1$, $F2$ dan $F3$ telah didapat maka dapat dimasukkan pada rumus matematis berikut

$$\begin{aligned} \text{Index CCME} - \text{WQI} &= 100 - \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \dots\dots\dots(7) \\ &= 100 - \frac{\sqrt{(30)^2 + (4,78)^2 + (26,62)^2}}{1.732} = 69,30 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan Nilai WQI IPAL PT X sebesar 69,30. Kemudian jika dibandingkan dengan indeks WQI-CCME berdasarkan tabel berikut

Tabel 4. Indeks WQI-CCME.

Rentang Nilai CCME WQI	Kategori	Deskripsi
95 - 100	Excellent	Tidak ada atau sangat sedikit pelanggaran terhadap baku mutu
80 - 94	Good	Kualitas air baik, pelanggaran kecil
65 - 79	Fair	Kualitas air cukup, pelanggaran sedang
45 - 64	Marginal	Kualitas air rendah, sering melanggar
0 - 44	Poor	Kualitas air sangat buruk

Sumber : CCME, 2001.

Diketahui bahwa IPAL PT X masuk kedalam kategori *Fair* atau cukup, dengan kualitas air yang cukup dan pelanggaran yang sedang.

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, IPAL PT X dinilai cukup optimal dalam mereduksi beban pencemar fisik-kimia dominan seperti *TDS*, *TSS*, *COD*, dan *BOD* dengan efisiensi tinggi. Efisiensi tinggi pada parameter ini merupakan keharusan mutlak, mengingat karakteristik air limbah dari proses pencucian dan ekstrusi plastik mengandung beban organik tinggi serta kontaminan spesifik seperti aditif kimia berbahaya. Secara spesifik, tingginya penyisihan padatan tersuspensi (*TSS*) berimplikasi langsung pada reduksi potensi pelepasan mikroplastik ke badan air, karena air limbah daur ulang yang tidak terolah sempurna dapat menjadi vektor utama penyebaran mikroplastik yang berdampak serius bagi ekosistem akuatik (Iyare et al., 2020; Ziajahromi et al., 2017). Namun, evaluasi yang hanya bersandar pada parameter tunggal seringkali memberikan hasil yang parsial dan menutupi kondisi kualitas air yang sesungguhnya secara ekologis. Penerapan metode *WQI-CCME* dalam penelitian ini memberikan gambaran yang lebih holistik dengan perolehan skor 69,30 (kategori *Fair*), yang mengonfirmasi kemampuan indeks ini dalam mentransformasikan data kompleks menjadi status mutu air yang

lebih representatif dibanding sekadar perbandingan baku mutu manual (Lumb et al., 2006; Sutadian et al., 2016). Penurunan indeks ini utamanya disebabkan oleh parameter *E. coli* (2471 MPN/100 ml) yang tidak memenuhi baku mutu sungai PP 22 Tahun 2021, meskipun parameter ini tidak diatur ketat dalam Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013. Pengabaian parameter biologis pada *outlet* yang bermuara ke sungai dapat meningkatkan risiko kesehatan dan gangguan ekosistem perairan penerima (Wen et al., 2020). Celah ini bisa menjadi evaluasi perusahaan dalam mengevaluasi kinerja IPAL kedepannya. IPAL dapat dilengkapi unit desinfeksi dalam perbaikannya sehingga pada penelitian selanjutnya dapat meningkatkan skor WQI, yang menyempurnakan evaluasi kinerja IPAL secara lebih menyeluruh atau Holistik sebagai upaya kepatuhan dan konservasi lingkungan khususnya pada Air bersih hasil pengolahan IPAL.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

IPAL PT X memiliki nilai WQI dengan Metode CCME sebesar 69,30. Nilai ini masuk kategori cukup dengan pelanggaran sedang. Hal ini dikarenakan IPAL PT X hanya didesain secara optimal untuk meremoval beberapa parameter potensial limbah seperti TSS, TDS, COD dan BOD. Sehingga dalam meremoval parameter pendukung lain kurang optimal efisiensinya apabila terjadi lonjakan jumlah produksi yang sejalan dengan meningkatnya besar parameternya. Hal ini dapat menjadi celah perusahaan kedepannya untuk melakukan evaluasi menyeluruh kinerja IPAL, sehingga nilai kinerja IPAL semakin optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Keluarga, Dosen pembimbing dan Staf teknik PT X yang telah mencurahkan segala bantuan moral dan material, sehingga penelitian ini terselesaikan dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Aldhimas, B. Z., A'in, C., Rudyanti, S., & Suryanti. (2025). Determination of quality status of Seketak River in Indonesia using CCME-WQI and pollution load. *Iconic Research and Engineering Journals (IRE)*, 8(8). <https://www.irejournals.com/paper-details/1707087>
- Bambang, S., & Daawia, D. (2024). Penerapan metode CCME-WQI untuk menganalisis kualitas air danau di pesisir Kampung Yobeh, Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura. *Jurnal Dinamis*, 21(2). <https://doi.org/10.58839/jd.v21i2.1438>
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2001). *Canadian environmental quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME water quality index (WQI): Technical report*. CCME.

- Chabuk, A., Al-Madhlom, Q., Al-Maliki, A., Al-Ansari, N., Hussain, H. M., & Laue, J. (2020). Water quality assessment of Tigris River, Iraq using water quality index (WQI) and GIS. *Journal of Water Supply: Research and Technology—Aqua*, 69(3), 245–257. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05575-5>
- El-Serehy, H. A., Abdallah, H. S., Al-Misned, F. A., & Al-Farraj, S. A. (2018). Water quality assessment using physicochemical parameters and water quality index (WQI) of a tropical river. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(4), 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.022>
- Faza, Y., Yuliani, E., & Sholichin, M. (2025). Analisis kualitas air menggunakan metode indeks pencemaran, CCME-WQI, dan QUAL2Kw pada Sungai Bango-Sari, Kota Malang, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air (JTRESDA)*, 5(2). <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2025.005.02.0110>
- Fitriana, F., Yudianto, D., & Seo, Y. C. (2025). Analysis of Cikakembang River water quality using the pollution index, STORET, and CCME-WQI methods. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 22(2), 485–496. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v22i2.485-496>
- H. Almira, R., Margaretha, W., & Eko, H. (2024). Assessing the effectiveness of CCME-WQI, NSF-WQI, OWQI, and Smith index water quality indices in karst areas. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(5), 1255–1262. <https://doi.org/10.14710/jil.22.5.1255-1262>
- Hadinah, D. A., Haribowo, R., & Yuliani, E. (2023). Analisis kualitas air menggunakan metode indeks pencemaran, CCME-WQI, dan NSF-WQI di Sungai Surabaya, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(2), 251–260. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2023.003.02.022>
- Iyare, P. U., Ouki, S. K., & Bond, T. (2020). Microplastics removal in wastewater treatment plants: A critical review. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 6(10), 2664–2675. <https://doi.org/10.1039/D0EW00397B>
- Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. (2024). Water quality index for assessing water purification ecosystem services in Jakarta lakes. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 12(4), 204–212. [https://doi.org/10.18006/2025.13\(2\).204.212](https://doi.org/10.18006/2025.13(2).204.212)
- Kinigopoulou, V., Pashalidis, I., & Kalavrouziotis, I. K. (2022). Microplastics removal from wastewater by a membrane bioreactor: The case of a plastic recycling industry. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(3), 107629. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107629>
- Lumb, A., Halliwell, D., & Sharma, T. (2006). Application of CCME water quality index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie River basin, Canada. *Environmental Monitoring and Assessment*, 113, 411–429. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-9092-6>
- Nong, X., Shao, D., Zhong, H., & Liang, J. (2020). Evaluation of water quality in the South-to-North Water Diversion Project of China using the water quality index (WQI). *Water Research*, 178, 115781. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115781>
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. (2013). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya*. Berita Daerah Provinsi Jawa Timur.

- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32.
- Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for water quality assessment. *Ecological Indicators*, 122, 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., & Taş, B. (2020). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicators*, 113, 105815. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105815>
- Ziajahromi, S., Neale, P. A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. L. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Research*, 112, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.042>