

Analisis Daya Tampung Pencemaran dan Indeks Pencemaran Air di Embung Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada: Studi Kasus pada Musim Kemarau dan Pasca Banjir

Bagus Triantoro Wibowo¹, Johan Syafri Mahathir Ahmad¹, Sri Puji Saraswati^{1*}

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: bagustriantoro92@mail.ugm.ac.id

1 INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pencemaran air di Embung FT UGM yang dipicu oleh limbah domestik dari kawasan hulu inlet, dengan fokus pada evaluasi indeks pencemaran dan daya tampung pencemaran. Metode deskriptif kualitatif digunakan, melibatkan analisis indeks pencemaran dan neraca massa. Sampel diambil dari lima segmen pada tiga kedalaman berbeda selama musim kemarau dan pasca banjir, menguji parameter seperti *Dissolved Oxygen*, *Chemical Oxygen Demand*, Nitrit, Nitrat, Amonia, dan Fosfat. Hasil menunjukkan bahwa kualitas air Embung pada level cemar ringan, dengan nilai indeks pencemaran tertinggi 1,73 di kemarau dan 1,87 pasca banjir. Analisis neraca massa mengungkap pada kemarau, NH_3 , NO_2 , dan PO_4^{3-} melebihi daya tampung pencemaran, masing-masing sebesar 0,208kg/hari; 0,045kg/hari; dan 1,046kg/hari. Sementara itu, NO_3 dan *COD* berada di bawah daya tampung, dengan nilai 0,518kg/hari dan 7,769kg/hari. Pasca banjir, NH_3 dan PO_4^{3-} melebihi daya tampung, masing-masing sebesar 0,356kg/hari dan 1,324kg/hari, sedangkan *COD*, NO_2 , dan NO_3 tidak melewati ambang batas, dengan nilai 8,341kg/hari; 0,036kg/hari; dan 0,91kg/hari. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang dampak limbah domestik pada lingkungan air Embung FT UGM dan perbedaan pengaruhnya antara musim kemarau dan hujan.

Kata kunci: Indeks Pencemaran Air, Daya Dukung dan Daya Tampung, Neraca Massa

ABSTRACT

*This study aims to analyze water pollution in the Embung FT UGM, triggered by domestic waste from the upstream inlet area, focusing on the evaluation of pollution index and pollution carrying capacity. A qualitative descriptive method was used, involving pollution index analysis and mass balance. Samples were taken from five segments at three different depths during the dry season and post-flood, testing parameters such as Dissolved Oxygen, Chemical Oxygen Demand, Nitrite, Nitrate, Ammonia, and Phosphate. The results showed that the water quality of Embung is at a mild pollution level, with the highest pollution index values being 1.73 in the dry season and 1.87 post-flood. Mass balance analysis revealed that during the dry season, NH_3 , NO_2 , and PO_4^{3-} exceeded the pollution carrying capacity, with respective values of 0,3 kg/day, 0,06 kg/day, and 1,51 kg/day. Meanwhile, NO_3 and *COD* were below the carrying capacity, with values of 7,769 kg/day and 0,518 kg/day. Post-flood, NH_3 and PO_4^{3-} also exceeded the carrying capacity, with values of 0,516 kg/day and 1,916 kg/day, while *COD*, NO_2 , and NO_3 did not exceed the threshold, with values of 8,341 kg/day, 0,036 kg/day, and 0,91 kg/day. This study provides a deep understanding of the impact of domestic waste on the water environment of Embung FT UGM and the difference in its effects between the dry and rainy seasons.*

Keywords: *Water Quality Index, Carrying and Support Capacity, Mass Balance*

2 PENDAHULUAN

Air adalah salah satu elemen utama yang sangat vital untuk kehidupan di bumi dan menjadi sumber daya paling berharga. Indonesia menggunakan air sebesar 222.600.000 m³ air pada tahun 2016 dengan penggunaan air harian per kapita sebesar 2,329 liter dan populasi pada tahun 2016 adalah 261.850.182 jiwa (Worldometer, 2016). Ketersediaan air permukaan di Indonesia terpusat pada pulau Kalimantan, Papua dan Sumatra dengan potensi air permukaan sebesar 82% dari seluruh air permukaan Indonesia dan Pulau Jawa hanya memiliki 4% dari seluruh air permukaan di Indonesia. Sungai adalah salah satu air permukaan yang melalui aliran airnya yang kontinyu memiliki peranan dalam membawa muatan materi yang terlarut dari sumber alami dan sumber yang berasal dari kegiatan antropogenik (Shrestha S *et al.* 2007). Dari 44 sungai-sungai besar di seluruh Indonesia, ditemukan hanya empat sungai memenuhi standar Kelas II baku mutu Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 (Asian DB, 2016).

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Peraturan Pemerintah nomor 82, 2001). Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi tercemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Salah satu metode yang dilakukan untuk mengetahui status mutu air adalah dengan menggunakan indeks pencemaran. Daya tampung sungai terhadap beban pencemaran adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemar tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi tercemar. Beban pencemaran itu sendiri merupakan jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 110, 2003). Embung FT UGM diduga tercemar limbah jika dilihat dari kondisinya seperti menghasilkan bau dan berwarna hijau. Kajian dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi tingkat pencemaran yang terjadi di embung pada saat pengujian, kemampuan Embung FT UGM dalam menerima beban pencemaran maksimal dan perlu atau tidaknya tindakan pengendalian pencemaran di hulu dari Embung FT UGM berupa mengatur kualitas air limbah yang masuk ke badan sungai maupun di Embung itu sendiri seperti aerasi buatan pada Embung.

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

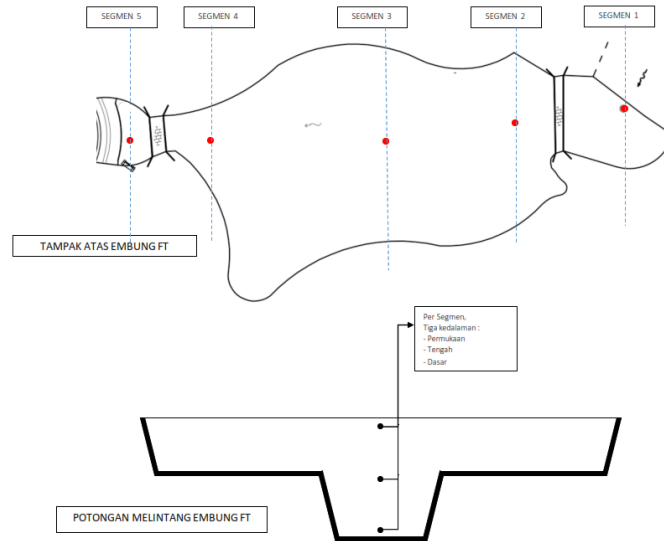
Embung FT UGM yang terletak di Sinduadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta menjadi lokasi dari penelitian ini.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Embung FT UGM

3.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kualitas kimiawi air. Parameter kualitas *Dissolved Oxygen* yang pengukurannya secara langsung dengan menggunakan alat Hanna HA-98193 sedangkan untuk kualitas kimiawi air yang dikaji adalah *Chemical Oxygen Demand (COD)*, Nitrit, Nitrat, Amonia, dan Fosfat yang pengujiannya dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Variabel tergantung (*dependen*) adalah beban pencemaran dan daya tampung beban pencemaran. Waktu pengukuran dan pengambilan sampel dilakukan pada musim kemarau dan ketika kondisi pasca banjir. Titik pengukuran dan pengambilan sampel pada 5 titik yang dibagi berdasarkan 5 segmen yaitu inlet, di bawah jembatan, tengah embung ketika melebar, tengah embung lebar maksimal dari embung, di bawah jembatan dan outlet.



Gambar 2. Denah pengambilan sampel air dan pengukuran kualitas air di Embung FT UGM

3.3 Indeks Pencemaran (*IP*)

Indeks pencemaran (*IP*) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap kualitas air yang diijinkan. Di dalam keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air Pasal 2 menjelaskan bahwa penentuan status mutu air dapat dilakukan dengan menggunakan Metode indeks Pencemaran salah satunya.

$$IP_j = \sqrt{\frac{(\frac{Ci}{Lij})^2 M + (\frac{Ci}{Lij})^2 R}{2}} \tag{1}$$

Diterangkan bahwa *IP_j* adalah indeks pencemaran bagi peruntukan (*j*); *L_{ij}* adalah konsentrasi parameter kualitas air yang tercantum dalam baku mutu peruntukan air (*j*); *C_i* adalah konsentrasi parameter kualitas air hasil survey; (*C_i/L_{ij}*)*M* adalah nilai *C_i/L_{ij}* maksimum; dan (*C_i/L_{ij}*)*R* adalah nilai *C_i/L_{ij}* rata-rata.

Evaluasi terhadap nilai indeks mutu/pencemaran perairan ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1. Hubungan antara nilai indeks pencemaran dengan mutu perairan

Nilai IP	Mutu Perairan
0 - 1	kondisi baik
1,1 - 5,0	cemar ringan
5,0 - 10,0	cemar sedang
>10,0	cemar berat

3.4 Neraca Massa

Analisis beban pencemaran sungai dilakukan dengan metode neraca massa. Metode ini menghitung konsentrasi rata-rata aliran dari seluruh titik pada lokasi penelitian dengan menentukan kualitas aliran akhir dari sungai, yang diformulasikan dalam Rumus 2.

$$Cr = \frac{\sum Ci Qi}{\sum Qi} = \frac{\sum Mi}{\sum Qi} \tag{2}$$

Dengan *Cr* adalah konsentrasi rata-rata konstituen untuk aliran gabungan; *C_i* adalah konsentrasi konstituen pada aliran ke-*i*; *Q_i* adalah laju aliran ke-*i*; *M_i* adalah massa konstituen pada aliran ke-*i*.

3.5 Beban Pencemaran

Beban Pencemaran aktual adalah berdasarkan setiap parameter kualitas air yang dianalisis menggunakan rumus :

$$BPA = Q \times C \times k \tag{3}$$

Dimana *BPA* adalah beban pencemaran aktual; *Q* adalah debit air; *C* adalah Konsentrasi parameter; *k* adalah konstanta.

3.6 Daya tampung pencemaran

menentukan daya tampung beban pencemaran atau beban pencemaran maksimum (*BPM*) digunakan konsentrasi tiap parameter sesuai Standar Baku Mutu Air Sungai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 baku mutu kualitas air kelas II. dilakukan perhitungan menggunakan rumus :

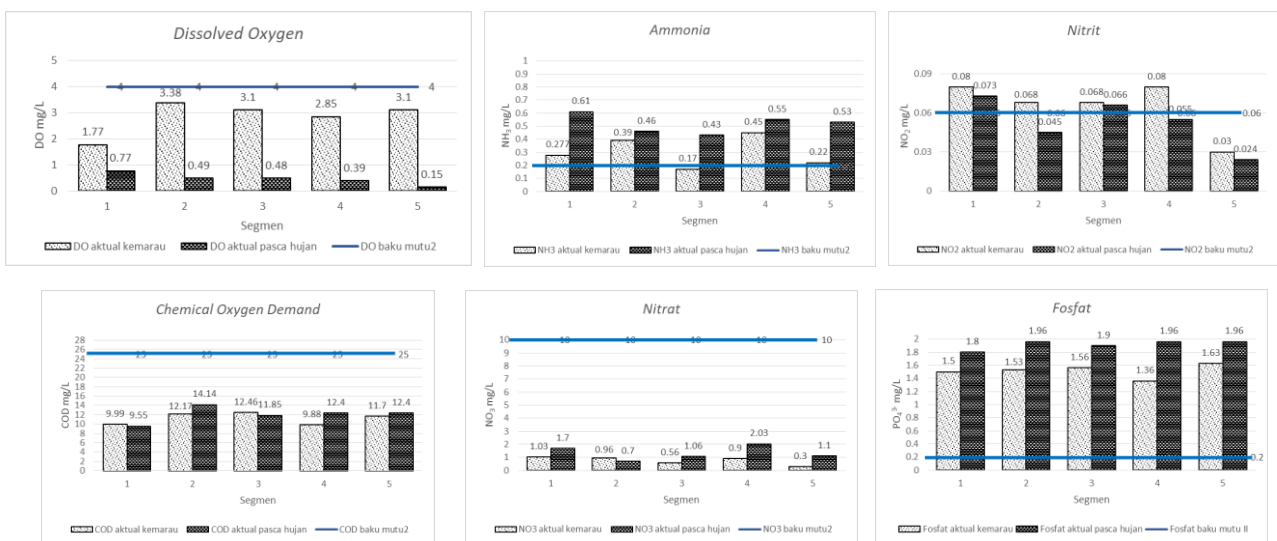
$$BPM = Q \times C_{maks} \times k \tag{4}$$

Dengan *BPM* adalah beban pencemaran maksimum/daya tampung pencemaran; *Q* adalah debit air; *C_{maks}* adalah Konsentrasi parameter sesuai baku mutu air kelas II; *k* adalah konstanta.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian dan Pengukuran Kualitas air pada segmen-segmen Embung FT UGM

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air di lapangan (*Dissolved Oxygen*) serta hasil analisis kualitas air di laboratorium (Nitrit, Nitrat, Amonia, Fosfat, *COD*) pada kelima segmen embung didapatkan hasil pengukuran bahwa untuk parameter *DO* dan fosfat pada kondisi kemarau tidak memenuhi baku mutu kualitas air kelas II di seluruh segmen pengujian dan pengukuran. Sedangkan amonia pada segmen 3 memenuhi baku mutu kelas II dengan nilai 0,17mg/L namun pada segmen 1,2,4, dan 5 tidak memenuhi baku mutu kelas II. Untuk parameter nitrit, hanya pada segmen 5 atau *effluent* dari embung yang memenuhi baku mutu kualitas air kelas II dengan nilai 0,03mg/L. Pada kondisi pasca banjir untuk parameter yang masih memenuhi baku mutu kualitas air kelas II adalah parameter *COD* dan nitrat. Sedangkan untuk parameter *DO*, amonia dan fosfat sudah tidak memenuhi baku mutu kualitas air kelas II di semua segmen, Parameter nitrit memenuhi baku mutu kualitas air kelas II hanya pada segmen 5 atau *effluent* dengan nilai 0,024mg/L. penurunan drastis nilai *DO* antara musim kemarau dan pasca banjir bisa disebabkan berbagai hal seperti peristiwa resuspensi akibat penambahan debit air secara tiba-tiba mengakibatkan larutan racun di dasar sungai dan embung dapat terangkat dan tersuspensi dalam air sehingga meningkatkan kekeruhan, rendahnya nilai *DO* juga terlihat dari biota air yang muncul ke permukaan. Namun terlihat pada parameter nitrit untuk musim kemarau dan pasca banjir terdapat penurunan dibandingkan antara *inlet* yang tidak memenuhi baku mutu kualitas air kelas II dan *outlet* embung menjadi memenuhi baku mutu kelas II, Hal ini dapat disebabkan oleh proses nitrifikasi pada kondisi tinggi oksigen(musim kemarau) dan denitrifikasi pada kondisi rendah oksigen(pasca banjir).



Gambar 3. Grafik perbandingan kualitas air dengan baku mutu air kelas II untuk masing-masing parameter di Embung FT UGM

4.2 Indeks Pencemaran (*IP*) Embung FT UGM

Hasil perhitungan nilai indeks pencemaran menggunakan rumus 1, Embung FT UGM menunjukkan bahwa kualitas air dari segmen 1 hingga segmen 5 pada musim kemarau dan kondisi pasca banjir adalah cemar ringan. Hasil analisis menunjukkan nilai untuk masing-masing segmen untuk masing-masing kondisi berada pada kisaran indeks pencemaran 1-5. Berdasarkan kondisi eksisting embung FT UGM yang memiliki debit sangat kecil saat kemarau nilai indeks pencemaran di rentang 1,69-1,73. Aliran air yang masuk ke dalam embung memiliki Kadar fosfat dan nitrat yang tinggi menyebabkan terjadinya pertumbuhan algae pada embung, ditandai dengan warna hijau pada permukaan embung dan status trofik embung menjadi hipereutrofik. Pertumbuhan algae pada musim kemarau membantu meningkatkan kadar oksigen terlarut, peningkatan oksigen membantu perbaikan kualitas air. Dan pada kondisi pasca hujan, peningkatan debit yang cukup besar menyebabkan penurunan DO sangat signifikan akibat dari pengenceran maupun resuspensi, dan peningkatan fosfat dan amonia yang cukup besar sehingga nilai indeks pencemaran meningkat namun masih pada kondisi cemar ringan dengan rentang nilai indeks pencemaran 1,83-1,87.

Tabel 2. Hasil analisis indeks pencemaran embung FT UGM

Kondisi	Segmen	Indeks Pencemaran	Keterangan
Kemarau	1	1,72	Cemar ringan
	2	1,73	Cemar ringan
	3	1,72	Cemar ringan
	4	1,69	Cemar ringan
	5	1,72	Cemar ringan
Pasca Banjir	1	1,83	Cemar ringan
	2	1,84	Cemar ringan
	3	1,87	Cemar ringan
	4	1,86	Cemar ringan
	5	1,83	Cemar ringan

4.3 Beban Pencemaran dan Daya Tampung Pencemaran Embung FT UGM

Hasil perhitungan metode neraca massa dengan rumus 2 untuk parameter kualitas air keseluruhan untuk parameter ini menunjukkan bahwa parameter ammonia, nitrit dan fosfat melebihi baku mutu kualitas air kelas II.

Tabel 3. Beban pencemaran dan daya tampung pencemaran Embung FT UGM

Kondisi		COD	Ammonia	Nitrit	Nitrat	Fosfat
Kemarau	Baku mutu kelas II	25	0,20	0,06	10	0,2
	Hasil analisis neraca massa	11,24	0,30	0,065	0,75	1,51
	Beban pencemaran aktual	7.76	0.208	0.045	0.518	1.046
	Daya tampung pencemaran	17,28	0,138	0,041	6,91	0,138
	Keterangan	44,9/100% Masih dapat menerima	150,7/100% Tidak dapat menerima	108,6/100% Tidak dapat menerima	7,5/100% Masih dapat menerima	758/100% Tidak dapat menerima
Pasca Banjir	Hasil analisis neraca massa	12,068	0,516	0,0526	1,318	1,916
	Beban pencemaran aktual	8,34	0,35	0,03	0,91	1,32
	Daya tampung pencemaran	17,28	0,13	0,41	6,91	0,13
	Keterangan	48,7/100% Masih dapat menerima	258/100% Tidak dapat menerima	87.67/100% Masih dapat menerima	13,18/100% Masih dapat menerima	958/100% Tidak dapat menerima

Nilai analisis menggunakan neraca massa jika dibandingkan dengan baku mutu kualitas air kelas II Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 terdapat tiga parameter yang tidak memenuhi baku mutu kelas II yaitu ammonia, nitrit dan fosfat dengan masing-masing bernilai 0,30mg/l; 0,065mg/l; 1,51 mg/l dan yang masih memenuhi baku mutu air kelas II adalah COD sebesar 11,24mg/l dan nitrat sebesar 0,75mg/l. Sedangkan pada kondisi pasca hujan, terdapat dua parameter yang tidak memenuhi baku mutu kelas II yaitu ammonia dan fosfat dengan masing-masing bernilai 0,516mg/l dan 1,916mg/l. Terdapat nilai beban pencemaran yang lebih besar daripada daya tampungnya yaitu 100%. Pada kondisi kemarau ammonia, nitrit dan fosfat memiliki beban pencemaran lebih besar dari daya tampungnya bebrturut-turut sebesar 150,7%; 108,6% dan 758% dari kapasitas 100% daya tampung embung sehingga embung sudah tidak dapat menerima beban pencemaran lagi pada kondisi ini. Sedangkan pada kondisi pasca banjir, hanya dua meter yang melebihi daya tampung pencemaran yaitu ammonia dan fosfat dengan nilai masing-masing sebesar 258% dan 958%.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Kualitas air di embung FT UGM untuk beberapa parameter hasil pengukuran dan pengujian sampel air sudah tidak memenuhi baku mutu kualitas air kelas II menurut PP nomor 22 tahun 2021 antara lain parameter DO, ammonia, nitrit dan fosfat. Indeks parameter untuk embung FT UGM pada sepanjang segmen embung adalah cemar ringan baik pada musim kemarau maupun kondisi pasca banjir. Pada musim kemarau beban pencemaran untuk parameter ammonia, nitrit dan fosfat sudah melebihi daya tampung pencemaran yang dapat di terima oleh Embung FT UGM. Dengan persentase melebihi kapasitas maksimum masing-masing sebesar 50,7%, 8,67% dan 658% dari 100% kapasitas maksimum setiap parameter tersebut. Pada kondisi pasca banjir diketahui untuk beban pencemaran parameter ammonia dan fosfat pada embung FT UGM sudah melebihi daya tampung pencemaran yang dapat diterima, dengan persentase melebihi kapasitas maksimum masing-masing sebesar 158% dan 858% dari 100% kapasitas maksimum setiap parameter tersebut. Berdasarkan keadaan tersebut, perlu dilakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran baik di hulu embung maupun di embung FT UGM seperti sosialisasi kepada masyarakat yang tinggal di hulu sungai untuk menjaga kebersihan sungai, limbah rumah tangga/domestik yang masuk badan sungai harus sudah memenuhi baku mutu yang ditentukan sebelum dibuang ke sungai (menggunakan IPAL), sosialisasi dan pemberian sanksi tegas kepada pelaku usaha yang membuang limbah industri ke sungai melebihi standar yang diizinkan, Melakukan *treatment* tambahan di embung FT UGM, contohnya seperti aerasi buatan (air mancur, MBG dan terjunan).

REFERENSI

- Mujib, M.A., Ihksan, F.A., Apriyanto, B., Astutik, S., Khasanah, A.N. (2022) "Evaluasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Evaluasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Neraca Massa." *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, jember, Jawa Timur.
- Presiden RI. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara RI 2021.
- Susanto, M., Ruslan, M., Biyatmoko. D., Kissinger. (2021) "Analisis Status Mutu Air Sungai Petangkep Dengan Pendekatan Indeks Pencemar" *EnviroScientae*, 17(2), 124-133.
- Rahadi, B., Suharto, B., Monica, F.Y. (2019) "Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemar dan Kualitas Air Sungai Lesti Sebelum Pembangunan Hotel" *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Malang, Jawa Timur.
- Sari, E.K., dan Wijaya, O.E. (2019). "Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Indeks Pencemaran dan Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai Ogan Kabupaten Ogan Komering Ulu" *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 486-491
- Asian Development Bank. (2019) "State of Water Environment Indonesia" *Country Profile of Water Management in WEPA countries*
- Naubi, I., Zardari, N. H., Shirazi, S. M., Ibrahim, N. F. B., & Baloo, L. (2016) "Effectiveness of water quality index for monitoring Malaysian river water quality" *Polish Journal of Environmental Studies*.

Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah -Al- Mamun, M., & Islam, M. K. (2015) "Heavy metal pollution in surface water and sediment: Apreliminary assessment of an urban river in a developing country" Ecology Indicators.

Ali, A., Soemarno Mangku P. (2013) "Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sikam Kota Malang" Jurnal Bumi Lestari, 13(2), 265-274.

Boyd C.E. (1990) "Water Quality In Ponds For Aquaculture" Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama.

Agustiningsih D., Sasongko S.B., Sudarno. (2012) "Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal Semarang" Jurnal Presipitasi, 9(2) September 2012.

Kementrian Lingkungan Hidup, (2001) "Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air" Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, Jakarta

Kementerian Lingkungan Hidup. (2003) "Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 110 tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air" Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, Jakarta