

PEMODELAN BOD SEBAGAI PARAMETER DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN SUNGAI SAMBAS KECIL MENGGUNAKAN WASP

BOD MODELING AS A CONTROLLING LOAD CAPACITY PARAMETER OF THE SAMBAS KECIL RIVER USING WASP

Siti Febriyanti ^{1*)}, Gusti Z. Anshari ²⁾, Muhammad Sofwan Anwari ^{3*)}

¹⁾ Magister Ilmu Lingkungan Universitas Tanjungpura, Jl.Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

²⁾ Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura, Jl.Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

³⁾ Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura, Jl.Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
*e-mail: sitifti@gmail.com

Diterima: 2 Februari 2022 ; Revisi : 4 Juni 2022 ; Diterbitkan: 30 Juni 2022

ABSTRACT

The Sambas Kecil River is part of the Sambas watershed, which is under the authority of the Province, but until now, the Pollution Load Capacity (PLC) has not been determined. The purpose of this study is to identify the potential pollutant load in activities that contribute to BOD and to simulate BOD as a determination of the pollutant load capacity using the Water Quality Analysis Simulation Program (WASP). BOD is used to develop scenarios to reduce the pollutant load. Inventory and potential sources of pollutants that contribute to BOD using a Geographic Information System (GIS) through spatial data analysis. The results of the WASP modelling are divided into five segments. Only segment 4 (four) can still accommodate BOD of 65,973.46 kg/hour. In segment 1 (one) the load decreased by 212.67 kg/hour, segment 2 (two) decreased by 34.84 kg/hour, segment 3 (three) decreased by 8,567.47 kg/hour and segment 5 (five) decreased by 72,250 kg/hour. The reducing of pollutant load purpose is to ensure that the water quality conforms to the class II quality standard. The main potential source of pollutants is domestic waste, so waste treatment is needed by building a communal IPAL, constructing buildings according to the regional spatial plan and carrying out river cleaning and eutrofication.

Keywords: *BOD Simulation, Domestic Waste, PLC, Sambas Kecil River, WASP*

ABSTRAK

Sungai Sambas Kecil adalah bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Sambas yang merupakan kewenangan Provinsi, namun sampai saat ini belum ditetapkan daya tampung beban pencemarannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi beban pencemar pada kegiatan yang berkontribusi terhadap *Biological Oxygen Demand* (BOD), serta mensimulasikan BOD sebagai penetapan daya tampung beban pencemar menggunakan *Water Quality Analysis Simulation Programme* (WASP). BOD digunakan untuk mengembangkan skenario dalam mengurangi beban pencemar. Inventarisasi dan identifikasi potensi sumber pencemar yang berkontribusi terhadap BOD dianalisis spasial dengan *Geographic Information System* (GIS). Hasil pemodelan WASP dibagi menjadi lima segmen. Hasil identifikasi potensi beban pencemar yang tertinggi berasal dari limbah domestik pada segmen 5 sebesar 284,75 kg/hr. Segmen 4 adalah segmen yang masih dapat menampung beban BOD sebesar 65.973,46 kg/hr. Pada segmen 1 dilakukan penurunan beban sebesar 212,67 kg/hr, segmen 2 dilakukan penurunan sebesar 34,84 kg/hr, segmen 3 dilakukan penurunan sebesar 8.567,47 kg/hr dan segmen 5 dilakukan penurunan sebesar 72.250 kg/hr. Penurunan beban pencemar bertujuan agar kualitas air sesuai baku mutu kelas II. Potensi sumber pencemar utama adalah limbah domestik sehingga diperlukan pengolahan limbah komunal dengan membangun IPAL komunal, pendirian bangunan sesuai dengan rencana tata ruang wilayah dan pembersihan sungai dari sampah dan eutrofikasi

Kata kunci: *Beban Pencemaran, Simulasi BOD, Sungai Sambas Kecil, WASP*

PENDAHULUAN

Air merupakan unsur yang sangat penting bagi kelangsungan makhluk hidup. Sebagai salah satu sumber daya alam, air harus dilindungi agar dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Air sungai yang berasal dari mata air umumnya memiliki kualitas yang baik. Namun, dalam proses pengaliran dan pemanfaatannya, air tersebut akan menerima berbagai macam masukan yang berpotensi membuatnya tercemar (Sofia *et al.*, 2010). Meningkatnya aktivitas rumah tangga, pertanian dan industri di sekitar sungai akan mempengaruhi dan memberikan dampak terhadap kondisi kualitas air sungai terutama masukan bahan pencemar dengan konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) terbesar ke air sungai (Priyambadal *et al.*, 2008). Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Barat, 13 dari 14 Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Barat menggunakan air sungai sebagai sumber air PDAM serta keperluan air rumah tangga. Sungai juga digunakan sebagai tempat pembuangan berbagai jenis limbah yang mengakibatkan pencemaran dan penurunan kualitas air.

Sungai Sambas Kecil yang berada dalam kawasan hidrologis Daerah Aliran Sungai (DAS) Sambas Kalimantan Barat merupakan salah satu sungai yang sangat rentan terhadap pencemaran. Hal ini disebabkan kawasan sungai tersebut menjadi pusat aktivitas sosial, ekonomi dan budaya masyarakat setempat. Sungai Sambas Kecil yang pengelolaannya menjadi wewenang Provinsi Kalimantan Barat, sampai tahun 2021 belum ditetapkan nilai Daya Tampung Beban Pencemaran oleh Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat sehingga perlu dilakukan penelitian yang terfokus pada

penentuan nilai tersebut dalam upaya menjaga kualitas air agar potensi pencemaran Sungai Sambas Kecil dapat diminimalisir. Pengaturan jumlah beban pencemaran yang masuk di sungai, apabila tidak dikendalikan melalui kajian daya tampung beban pencemaran, dapat mengakibatkan tingginya pencemaran air dari tahun ke tahun di sungai tersebut. Salah satu yang dapat dilakukan dalam mengelola dan mengendalikan pencemaran air yakni, melalui pendekatan daya tampung beban pencemaran (DTBP). DTBP dapat dianalisis dengan aplikasi pemodelan *Water Quality Analysis Simulation Program* (WASP) yang merupakan produk *open-source software* dari *United States Environment Protection Agency* (USEPA). Pemodelan DTBP dihitung dalam parameter BOD. Parameter ini merupakan salah satu parameter indikator pencemar yang disebabkan oleh limbah organik terhadap sumber pencemar. Apabila suatu badan air dicemari oleh zat organik, mikroorganisme dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian pada biota air dan keadaan air dapat menjadi anaerob yang ditandai timbulnya bau busuk. Bakteri membutuhkan oksigen untuk mendekomposisi materi organik terlarut dan tersuspensi dalam air buangan sehingga parameter pengukuran BOD sangat penting (Pangestu *et al.*, 2017).

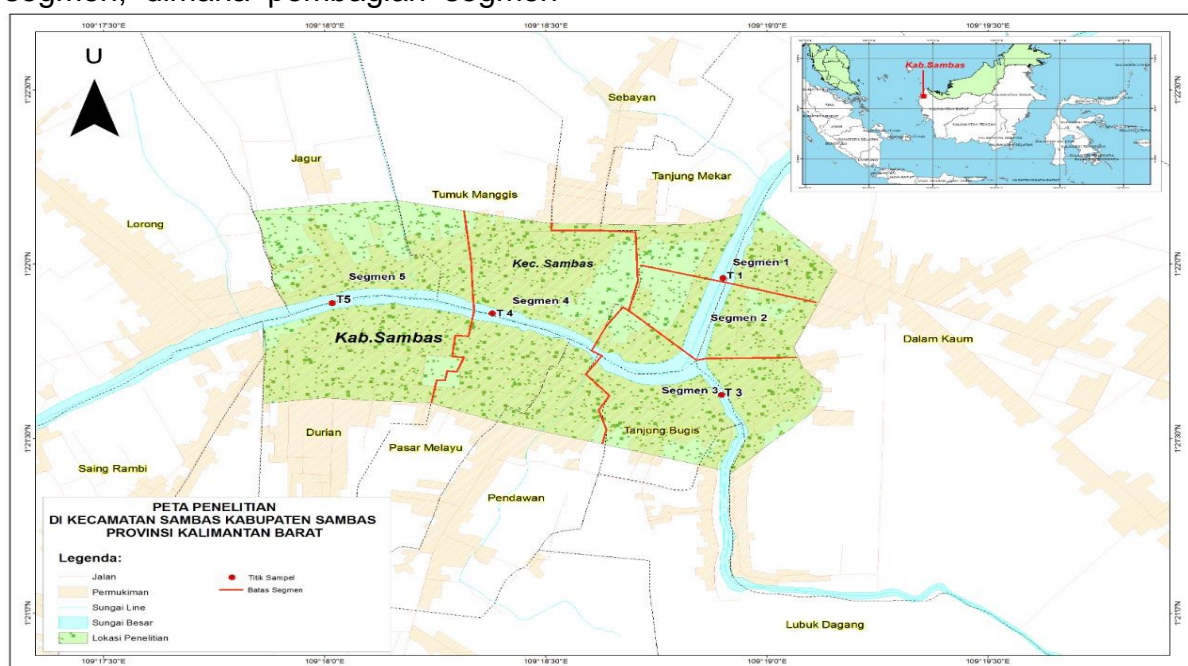
Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi potensi beban pencemaran pada kegiatan-kegiatan yang berkontribusi terhadap BOD serta mensimulasikan beban pencemaran parameter BOD dengan menggunakan WASP di Sungai Sambas Kecil.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sungai Sambas Kecil, bagian DAS Sambas di wilayah Kecamatan Sambas Kabupaten Sambas. Wilayah kajian merupakan area dengan aktivitas penduduk yang tinggi. Penelitian dilakukan pada bulan Februari-Mei 2021. Lokasi sampling ditetapkan melalui 1) pembagian segmen dalam menghitung potensi beban pencemaran dibagi kedalam 5 segmen, dimana pembagian segmen

ini berdasarkan batas administrasi desa dan batas jalan; 2) pembatasan area yang dikaji dalam menghitung beban pencemaran berdasarkan Peraturan Ditjen Cipta Karya Departemen PU dalam Novitasari (2015) yaitu, berjarak 500 meter dari tepian sungai untuk menghitung prakiraan total air limbah yang berasal dari aktivitas domestik; 3) pengambilan sampling uji kualitas air sebanyak 4 titik sampel. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah alat tulis, *avenza map*, *horizontal water sampler*, botol BOD, botol mikrobiologi, *geographic information system (GIS)*, *cool box*, *currentmeter*. Bahan pengambilan sampel air dan debit air sungai di lapangan digunakan sebagai data primer.

Prosedur Penelitian

1. Status Mutu Air

Pengambilan sampel air sungai dengan SNI 6987.57:2008 tentang

Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Pengukuran debit di lokasi penelitian menggunakan alat *current meter* dengan mengacu kepada SNI 8066:2015. Pengujian sampel air dilakukan di laboratorium.

Hasil uji laboratorium dibandingkan dengan standar baku mutu Kriteria Mutu Air Kelas II dengan rujukan Lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 untuk dilakukan penentuan status mutu air dengan metode indeks pencemaran, menggunakan Persamaan 1:

$$IP = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- IP = indeks pencemaran baku peruntukan air
- L_i = konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air
- C_i = konsentrasi parameter kualitas air hasil survei
- $(C_i/L_i)_M$ = nilai C_i/L_i maksimum
- $(C_i/L_i)_R$ = nilai C_i/L_i rata-rata

Hasil dari IP dinarasikan dalam bentuk baku mutu rumusan pada Tabel 1.

Tabel 1. Status Mutu Air dalam Indeks Pencemaran

Indeks Pencemaran	Status Mutu Air
rentang 0-1	memenuhi baku mutu
rentang 1-5	Cemar ringan
rentang 5-10	Cemar Sedang
rentang >10	Cemar Berat

Sumber: KepMen LH No.115 Tahun 2003
 Sumber: Kepmen LH No.115 Tahun 2003

Penetapan status mutu air diukur dengan 7 (enam) parameter yaitu, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxigen* (DO), *Total Suspended Solid* (TSS), Total Fosfat, bakteri *Escherichia coli* (*E. Coli*) dan bakteri *koliform* (*Total Coliform*) berdasarkan Susetyo *et al.* (2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status Mutu Air Sungai Sambas Kecil

Perhitungan status mutu air Sungai Sambas Kecil menunjukkan bahwa derajat pencemarannya terkategori cemar ringan pada semua titik sampling. Hasil kualitas air uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2.

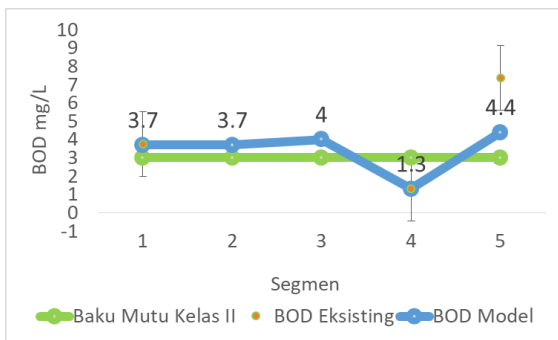
Tabel 2. Hasil Kualitas Air Uji Laboratorium

Nama Titik Sampling	Hasil Pemeriksaan Laboratorium								Indek pencemar (Status Mutu Air)
	TSS	DO	(mg/l) BOD	COD	Total Fosfat	Total/100ml Fecal Coli	Total Coli	pH	
T1	18	8.34*	3.76*	21.17	0.3126*	145	32	6.97	1.18 (cemar ringan)
T3	22	7.8*	8.77*	49.39*	0.3721*	136	26	5.87*	2.19 (cemar ringan)
T4	16	7.97*	1.3	7.06	0.3844*	128	22	5.66*	1.39 (cemar ringan)
T5	14	7.97*	7.37*	42.34*	0.3625*	130	34	5.62*	1.85 (cemar ringan)

Keterangan *) diatas baku mutu yang ditetapkan

Kalibrasi Model Kualitas Air

Pada kalibrasi model kualitas air, akan ditemukan 3 kondisi yaitu, kondisi pertama potensi beban lebih besar dari beban *eksisting*, kondisi kedua potensi beban sama dengan beban *eksisting*, dan kondisi ketiga potensi beban lebih kecil dari beban *eksisting*. Hasil kalibrasi model kualitas air sudah mendekati kondisi kualitas air *eksisting*. Namun, pada Segmen 5 kalibrasi model tidak mendekati model *eksisting*. Hal ini dipengaruhi oleh potensi beban < beban *eksisting* dan tingginya nilai BOD *eksisting* pada Segmen 5 disebabkan adanya potensi beban yang tidak dapat dihitung seperti, faktor pencemar dari dalam air itu sendiri serta potensi pencemar di luar perairan. Tingginya nilai BOD *eksisting* pada Segmen 5 dipengaruhi oleh eutrofikasi serta aktivitas masyarakat di tepian sungai seperti, adanya aktivitas pasar pagi yang berpotensi menimbulkan limbah bahan organik yang tinggi. Kalibrasi model kualitas air dapat dilihat pada Gambar 2.



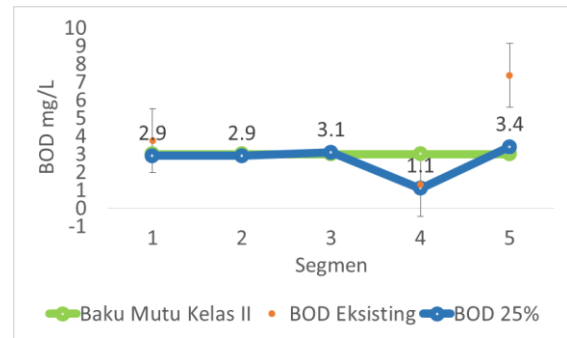
Gambar 2. Kalibrasi Model Kualitas Air

Pengembangan Simulasi Skenario Beban Pencemar BOD

Setelah dilakukan kalibrasi model kualitas air, selanjutnya dilakukan pengembangan skenario. Pengembangan skenario model kualitas air ini menggambarkan besarnya alokasi potensi beban

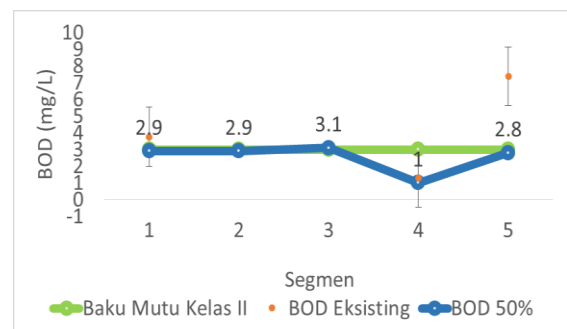
pencemar sama dengan kualitas air *eksisting*.

Sebelum menuju mutu air Kelas II, beban diturunkan secara minimal terlebih dahulu yaitu, sebesar 25%. Hasil skenario penurunan beban pencemar 25% dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skenario 25% Penurunan Beban BOD

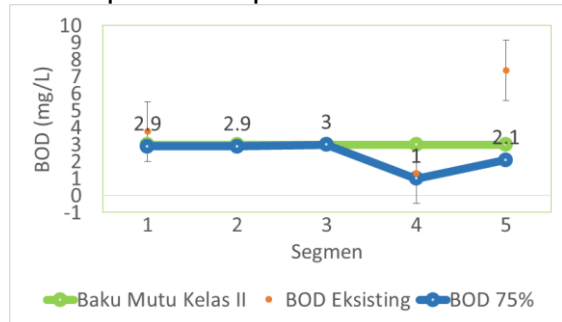
Pada hasil simulasi skenario 25%, penurunan beban BOD di Segmen 1 dengan nilai BOD sebesar 2,9 mg/L sudah berada di mutu air Kelas II; namun, pada Segmen 5 nilai BOD sebesar 3,4 mg/L belum berada di mutu air Kelas II. Dengan demikian, pada Segmen 5 diperlukan penurunan beban kembali, misalnya dengan dilakukan simulasi skenario 50% penurunan beban BOD. Hasil simulasi skenario 50% penurunan beban BOD dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skenario 50% Penurunan Beban BOD

Pada hasil skenario 50%, penurunan beban BOD pada semua segmen sudah mencapai status mutu Kelas II yang diinginkan yaitu, 3 mg/L.

Simulasi skenario 75% penurunan beban BOD juga dilakukan dengan hasil nilai BOD pada semua segmen sudah mencapai status mutu Kelas II dan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skenario 75% Penurunan Beban BOD

Hasil pengembangan skenario dalam penetapan daya tampung beban pencemar sudah mendekati secara normal dengan model pada WASP sesuai dengan kualitas air baku mutu yang ditetapkan yaitu, BOD 3 mg/L. Hasil skenario penurunan beban

pencemar BOD di Sungai Sambas Kecil sebesar skenario 50% pada semua segmen. Penelitian Iqbal *et al.* (2018) yang dilakukan di Sungai Ravi Pakistan menggunakan skenario 50-75% untuk mencapai baku mutu kualitas B (Kelas II).

Penetapan Daya Tampung Beban dan Alokasi Beban Pencemar BOD di Sungai Sambas Kecil

Hasil dari pengembangan simulasi skenario di Sungai Sambas Kecil dalam pemenuhan baku mutu Kelas II harus mengurangi beban pencemar BOD sebesar 50% dari nilai beban pencemar *eksisting* pada kondisi surut dan debit minimum. Rekapitulasi Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP) Sungai Sambas Kecil *eksisting* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Daya Tampung Beban Pencemar Eksisting

Segmen	Beban Pencemar BOD Eksisting (kg/hari)	Daya Tampung Beban Pencemar BOD (kg/hari)	Alokasi Target Penurunan Beban Pencemar BOD (kg/hari)	Kontribusi Beban Pencemar BOD	Keterangan	Skenario Penurunan Beban Pencemar BOD (kg/hr)		
						25%	50%	75%
1	500.40	287.73	212.67	0.44%	Penurunan	375.30	250.20	125.10
2	81.98	47.14	34.84	0.07%	Penurunan	61.49	40.99	20.50
3	12,041.10	3,473.63	8,567.47	10.66%	Penurunan	9,030.83	6,020.55	3,010.28
4	381.54	66,355.00	-65,973.46	0.34%	Dapat menampung	286.16	190.77	95.39
5	100,000.00	28,750.00	71,250.00	88.49%	Penurunan	75,000.00	50,000.00	25,000.00
Total	113,005.02	98,913.50	14,091.52	100.00%				

Sumber : Hasil Penelitian, 2021

Tabel 4 menjelaskan bahwa kontribusi beban pencemar BOD yang paling besar adalah Segmen 5 bagian hilir Sungai Sambas Kecil yaitu, sekitar 88.49%. Dari kelima segmen, hanya Segmen 4 yang masih dapat menampung beban pencemar BOD sebesar 65,973.46 kg/hr dan segmen lainnya dilakukan penurunan beban

pencemar BOD. Simulasi skenario penurunan beban pencemar pada aplikasi WASP dengan mengubah *scale factor* yang diinginkan sehingga nilai beban pencemaran setiap segmen akan mengalami perubahan nilai beban pencemaran.

Pada penetapan daya tampung, beban pencemaran dapat

diperhitungkan seberapa besar beban pencemar yang diperbolehkan masuk ke dalam sungai dengan mengalokasikan masing-masing sumber pencemar sebagai tindakan dalam pengelolaan dan pengendalian

mutu air sasaran yang akan dicapai. Alokasi beban pencemar *eksisting* pada jarak 500 meter dari tepian Sungai Sambas Kecil di setiap segmen dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Alokasi Beban Pencemar BOD *Eksisting*

Segmen	Beban Pencemar BOD Eksisting (kg/hr)	Daya Tampung Beban Pencemar (kg/hr)	Alokasi Penurunan Beban Pencemar (kg/hr)						
			Alokasi Penurunan Beban Pencemar (kg/hr)	Domestik (kg/hr)	Sampah (kg/hr)	Lahan Terbangun (kg/hr)	Sawah (kg/hr)	Pertanian Lahan Kering (kg/hr)	Rumah Sakit dan Hotel (kg/hr)
1	218.87	125.85	93.02	80.23	5.20	7.41	0.08	0.09	0.00
2	35.86	20.62	15.24	13.71	0.31	1.20	0.00	0.02	0.00
3	5,266.78	1,519.37	3,747.41	3,325.54	77.92	341.83	0.00	2.11	0.00
4	166.89	29,023.68	-28,856.79	-24,749.85	-1,844.66	-1,373.77	0.00	-14.93	-873.58
5	43,740.00	12,575.25	31,164.75	25,830.98	651.44	1,036.96	96.14	0.00	3,549.21
Total	49,428.39	43,264.76	6,163.63						

Sumber : Hasil Penelitian,2021

Seperti terlihat pada Tabel 5 di atas, target penurunan beban pencemar BOD pada Sungai Sambas Kecil adalah 6,163.63 kg/hr. Pencemar terbesar berasal dari kegiatan domestik terutama pada Segmen 5 sebesar 25,830.98 kg/hr. Segmen 5 merupakan bagian hilir sungai dengan hasil nilai BOD tinggi daripada segmen lain. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Van Chinh *et al.*, (2017) yang menjelaskan bahwa daerah hilir sungai memiliki kapasitas pembersihan diri yang rendah dan kualitas airnya lebih tinggi dibandingkan dengan hulu sungai akibat kontribusi beban pencemar dari hulu. Hasil penelitian Djoharam *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa kandungan BOD yang tinggi disebabkan oleh kegiatan rumah tangga sebesar 50%-75%, yang menunjukkan kesamaan dengan penelitian yang telah dilakukan. Selain itu, berdasarkan penelitiannya, Purnaini *et al.*, (2019) dan Yan *et al.*, (2019) menyatakan bahwa proses terjadinya pasang dan surut saat kemarau mempengaruhi peningkatan nilai BOD daripada pasang dan surut

saat musim hujan. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh manusia dapat menimbulkan limbah organik dan anorganik yang menjadi sumber pencemar. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pengelolaan dan pengendalian terhadap limbah tersebut. Liao *et al.* (2020) juga menjelaskan bahwa beban pencemar bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lain karena adanya pengaruh pada pembawa potensi beban yang berbeda. Mengenai strategi pengelolaan dan pengendalian potensi beban pencemar, Angello *et al.* (2021) menjelaskan bahwa pengolahan air limbah dapat dilihat dari sumber potensi beban pencemaran serta pembangunan yang memperhatikan dan melindungi area tangkapan air (sungai) dari potensi beban pencemar agar kualitas air sungai tetap terjaga baik.

Alokasi beban pencemaran BOD dilakukan untuk melihat dari faktor mana penyumbang limbah yang terbesar yaitu, faktor limbah domestik sebesar 80% di Sungai Sambas Kecil. Hal ini menunjukkan kemiripan dengan penelitian Novitasari (2015) di Kali

Surabaya, yang menemukan bahwa beban pencemar BOD domestik sebesar 60% lebih besar dibandingkan dengan beban pencemar BOD industri sebesar 34%.

KESIMPULAN

Potensi beban pencemar terbesar terhadap BOD di Sungai Sambas Kecil bersumber dari potensi beban pencemar domestik. Potensi beban pencemar domestik yang tertinggi pada Segmen 5 sebesar 284,75 kg/hr dan terendah pada Segmen 1 sebesar 36,25 kg/hr. Pada pengembangan simulasi skenario penurunan beban BOD yang telah dilakukan agar sesuai dengan kualitas air baku mutu Kelas II adalah sebesar 50% untuk semua segmen Sungai Sambas Kecil.

REKOMENDASI

Untuk menjaga kualitas air sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah, perlu dilakukan pengelolaan dan pengendalian kualitas air. Beberapa hal yang perlu dilakukan adalah pembangunan IPAL Komunal di daerah permukiman, pembangunan di Kabupaten Sambas sesuai dengan perencanaan tata ruang wilayah Kabupaten Sambas untuk menghindari timbulnya permukiman di atas Sungai serta pembersihan sungai dari sampah dan eutrofikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Sang Pencipta Alam, Allah SWT, yang telah mempermudah dalam pelaksanaan penulisan, dosen pembimbing yang membantu menjadikan tesis ini lebih baik, serta teman-teman Angkatan Lima Magister Ilmu Lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Angello, Z. A., Behailu, B. M., & Tränckner, J. (2021). Quality Modeling in Little Akaki River , Ethiopia. *Water*, 13(584).
- Djoharam, V., Riani, E., & Yani, M. (2018). Analisis Kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan Di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(1), 127–133. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.127-133>
- Iqbal, M. M., Shoaib, M., Agwanda, P., & Lee, J. L. (2018). Modeling approach for water-quality management to control pollution concentration: A case study of Ravi River, Punjab, Pakistan. *Water (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/w10081068>
- Liao, X., Ren, Y., Shen, L., Shu, T., He, H., & Wang, J. (2020). A “carrier-load” perspective method for investigating regional water resource carrying capacity. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122043. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122043>
- Novitasari, A. K. (2015). Analisis Identifikasi dan Inventarisasi Sumber Pencemar di Kali Surabaya [Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya]. In *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54230-5_4
- Pangestu, R., Riani, E., & Effendi, H. (2017). Estimasi Beban Pencemaran Point Source Dan Limbah Domestik Di Sungai Kalibaru Timur Provinsi DKI Jakarta, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam*

Dan Lingkungan, 7(3), 219–226.
<https://doi.org/10.29244/jpsl.7.3.219-226>

019.105587

- Priyambadal, I. B., Oktiawan, W., & Suprpto, R. P. E. (2008). Analisa Pengaruh Perbedaan Fungsi Tata Guna Lahan Terhadap Beban Cemaran BOD Sungai. *Jurnal Presipitasi*, 5(2), 66–62.
- Purnaini, R., Sudarmadji, & Purwono, S. (2019). Pemodelan Sebaran BOD Di Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir Menggunakan WASP. *Jurnal Teknosains*, 8(2), 148. <https://doi.org/10.22146/teknosains.34921>
- Sofia, Y., Tontowi, & Rahayu, S. (2010). Penelitian Pengolahan Air Sungai Yang Tercemar Oleh Bahan Organik. *Jurnal Sumberdaya Air*, 6(2), 145–160.
- Susetyo, E. S. H., Widyastuti, R., Salam, A. S., Wibisono, B. Y., Mahardika, P. A., Abu, I., Novianto, E., & Rozalina, C. (2017). *Indek Kualitas Lingkungan Hidup Kalimantan 2017*. Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Kalimantan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Van Chinh, L., Hiramatsu, K., Harada, M., Cuu, N. Tv., & Lan, T. T. (2017). Estimation of Water environment capacity in the cau river basin, Vietnam using the streeter-phelps model. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 62(1), 163–169. <https://doi.org/10.5109/1801777>
- Yan, R., Gao, Y., Li, L., & Gao, J. (2019). Estimation of water environmental capacity and pollution load reduction for urban lakeside of Lake Taihu, eastern China. *Ecological Engineering*, 139(March), 105587. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105587>