

KAJIAN STATUS MUTU AIR SUNGAI MAHAKAM SEGMENT KABUPATEN MAHAKAM ULU BERDASARKAN METODE STORET

STUDY ON THE WATER QUALITY STATUS OF THE MAHAKAM RIVER SEGMENT OF MAHAKAM ULU DISTRICT BASED ON THE STORET METHOD

Solman¹, Bonifasius¹, Rudi Kartika^{2,5}, Antonius Gelung^{1,4}, Romoldus Jonius Ricard^{1,3}, Yerwanto Ilang^{*1,3}

¹Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mahakam Ulu

²Jurusan Kimia FMIPA Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

³Program Magister Kimia, FMIPA Universitas Mulawarman, Samarinda

⁴Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Mulawarman, Samarinda

⁵Pusat Penelitian Lingkungan Hidup dan SDA, Universitas Mulawarman

*Corresponding Author: yerwanparenge@gmail.com

Diterbitkan: 23 April 2024

ABSTRACT

Mahakam Ulu District is geographically located in the western part of East Kalimantan Province, where the Mahakam River flows. This upstream segment of the Mahakam River is the main river that functions as a transportation route, as raw water processed by Municipal Waterworks, used as a place for bathing, washing as well as serving as a lavatory by the community and a source of water for local community agriculture. Surface water sampling points consist of 14 stations, including ST I: Mahakam River (Long Pahangai Village), ST II: Melaseh River (Long Pahangai Village), ST III: Pahangai River (Long Pahangai Village), ST IV: Mahakam River (Tiong Ohang Village), ST V: Sebnut River (Long Bagun Village), ST VI: Alan River (Long Bagun Village), ST VII: Mahakam River (Ujoh Bilang Village), ST VIII: Melahan River (Long Melahan Village), ST IX: Mahakam River (Laham Village), ST X: Sungai Ratih (Damun Paroy village), ST XI: Mahakam River (Datah Bilang village), ST XII: Pari River (Datah Bilang village), ST XIII: Pataq River (Long Bagun sub-district) and ST XIV: Medang River (Long Bagun sub-district). Determination of water quality status using the STORET Method or Pollution Index Method. The STORET method is one of the commonly used methods for determining water quality status. With this STORET method can be known parameters that have met or exceeded water quality standards. From the results of the study, the water quality parameters that partially did not meet the class I quality standards were 6 parameters, among others: TSS, BOD, COD, DO and Faecal coliform and Total coliform, while for classes II, III and IV all parameters meet the quality standards according to regulations.

Keywords: Activities around the river, river quality status, STORET Method

PENDAHULUAN

Air sebagai komponen lingkungan hidup akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya. Dewasa ini berbagai kegiatan manusia seperti domestik dan bisnis di perkotaan, industri, pertanian, peternakan dan pertambangan mengeluarkan limbah dalam jumlah yang tidak mampu lagi diasimilasi oleh alam, sehingga mencemari sungai, danau, air tanah dan udara. Aktifitas manusia telah memberikan dampak lebih besar dan lebih jauh jangkauannya diantaranya adalah pencemaran yang terjadi di lautan tidak hanya di daerah pesisir. Pencemaran juga terjadi di stratosfir tidak hanya pada udara perkotaan. Penurunan kualitas air juga terjadi di akifer air tanah dalam, tidak hanya pada air permukaan. Dampak pencemaran juga berdampak secara regional dan global tidak hanya lokal saja.

Pencemaran kualitas air dapat menyebabkan tidak berfungsi air sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran air secara umum disebabkan oleh masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air yang mengganggu keseimbangan fisik, kimia dan biologi perairan. Berdasarkan definisinya, pencemaran air yang diindikasikan dengan turunnya

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air yang tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran terhadap air permukaan dan air tanah pada umumnya bersumber dari kegiatan industri, pertanian dan rumah tangga.

Secara umum tujuan dari pemantauan kualitas air suatu perairan itu sendiri memiliki tiga tujuan utama sebagai berikut :

- 1) *Environmental Surveillance*, yaitu bertujuan untuk mendeteksi dan mengukur pengaruh yang ditimbulkan oleh suatu pencemar terhadap kualitas lingkungan dan mengetahui perbaikan kualitas lingkungan setelah pencemar tersebut dihilangkan.
- 2) *Establishing Water-Quality Criteria*, yaitu tujuan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara perubahan variabel-variabel ekologi perairan dengan parameter fisika dan kimia, untuk mendapatkan baku mutu kualitas air.
- 3) *Appraisal of Resources*, yaitu bertujuan untuk mengetahui gambaran kualitas air pada suatu tempat secara umum.

Sementara itu, hasil inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar air adalah data dan informasi dari jenis pencemar yang berpotensi mencemari lingkungan termasuk informasi mengenai sifat-sifat dan besaran beban pencemar tersebut yang terlepas ke lingkungan. Hasil kegiatan ini dapat digunakan antara lain untuk perumusan kebijakan pengendalian pencemaran air dan penetapan program kerja dan rencana aksi pengendalian pencemaran air.

Inventarisasi dan identifikasi sumber pencemaran air merupakan salah satu kewajiban pemerintah, pemerintah provinsi dan pemerintah kabupaten/kota sesuai dengan kewenangannya masing-masing yang dimandatkan oleh Pasal 20 Peraturan Pemerintah (PP) 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air yang merupakan petunjuk teknis dari PP 82, Bupati dan Walikota memiliki kewajiban:

- 1) Melaksanakan inventarisasi sumber pencemar skala kabupaten/kota
- 2) Melaksanakan identifikasi sumber pencemar berdasarkan hasil inventarisasi
- 3) Menyampaikan hasil inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar kepada gubernur dan menteri sekali dalam setahun.

Berkenaan dengan kewajiban tersebut maka Pemerintah Kab. Mahakam Ulu melakukan kajian untuk mendata jumlah dan persebaran sumber pencemar air serta menghitung beban pencemaran air khususnya dari sumber pencemar institusi yang berpotensi mencemari sumber air di Kab. Mahakam Ulu. Disamping kajian ini juga mencoba menganalisis karakteristik bahan pencemar masing-masing sumber pencemaran serta memprediksi dampaknya terhadap kualitas sumber air di Kab. Mahakam Ulu.

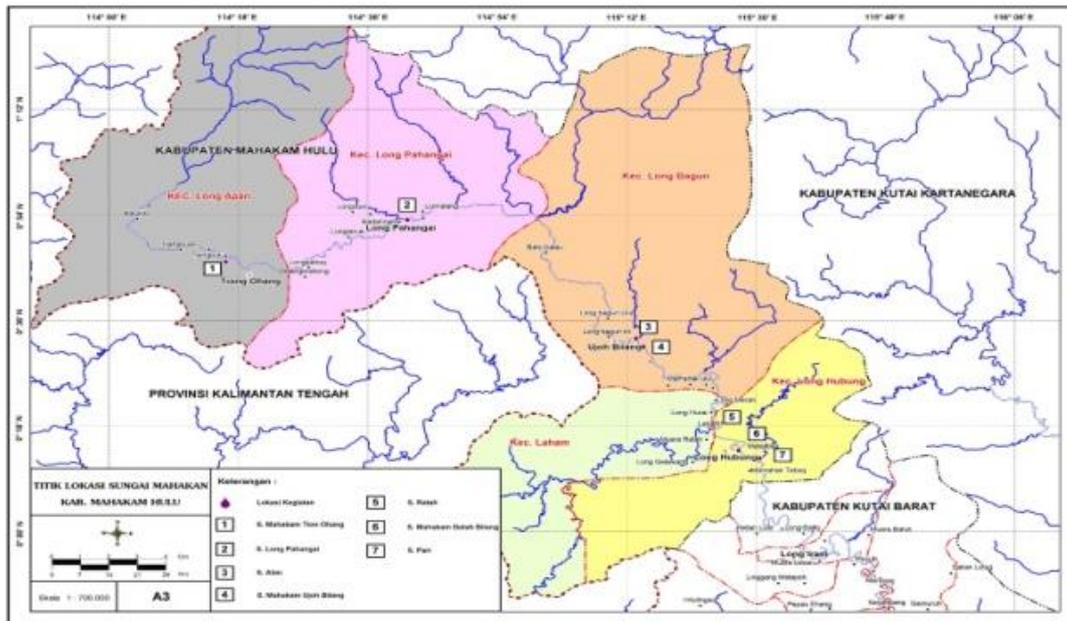
Kabupaten Mahakam Hulu secara geografis terletak di bagian barat Provinsi Kalimantan Timur, dimana aliran Sungai Mahakam berawal. Segmen sungai Mahakam bagian hulu ini merupakan sungai utama yang berfungsi sebagai jalur transportasi sungai dari Ibukota Kabupaten Mahakam Hulu yang berada di Kecamatan Datah Bilang Desa Ujoh Bilang ke Kecamatan lainnya seperti Long Apari, Long Pahangai dan lain sebagainya. Sungai Mahakam yang berada di segmen Mahakam Hulu juga berfungsi sebagai air baku yang diolah oleh PDAM untuk air bersih. Selain itu, sungai Mahakam juga dipergunakan oleh masyarakat di bantaran sungai sebagai tempat melakukan kegiatan MCK dan sumber air untuk pertanian masyarakat setempat. Berdasarkan penggunaan air sungai Mahakam yang beragam tersebut, sangat diperlukan kajian dan pemantauan kualitas air secara berkala agar dapat diperoleh status mutu air sungai Mahakam bagian Hulu.

METODOLOGI PENELITIAN

Kajian tentang status mutu air Sungai Mahakam Bagian hulu dilaksanakan selama 180 hari. Kajian status mutu air sungai Mahakam bagian hulu secara administrasi terletak di sepanjang aliran sungai Mahakam bagian hulu yang berlokasi di Kabupaten Mahakam Ulu, Kecamatan Long Apari, Long Pahangai, Long Bagun, Long Hubung dan Laham. Lokasi kajian disajikan pada Gambar 1.

Berikut stasiun pengambilan sampel: ST I: Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai), ST II: Sungai Melaseh (Kampung Long Pahangai), ST III: Sungai Pahangai (Kampung Long Pahangai), ST IV: Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohang), STV: Sungai Sebnut (Kampung Long Bagun), ST VI: Sungai Alan (Kampung Long Bagun), ST VII: Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang), ST VIII: Sungai Melahan (Kampung Long Melahan), ST IX: Sungai Mahakam (Kampung Laham), ST X: Sungai Ratih (kampung

Damum Paroy), ST XI: Sungai Mahakam (kampung Datah Bilang), ST XII: Sungai Pari (Kampung Datah Bilang), ST XIII: Sungai Pataq (Kec. Long Bagun), ST XIV: Sungai Medang (Kec. Long Bagun).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat sampling yang terdiri dari: Garmin GPS Map, Meteran, Tali Rafia, Botol Sampel, Stopwatch, pH Meter Merk WTW, DO Meter Merk WTW, DHL Meter Merk YSI. Plankton Net No. 25 dan Ekmand Dradge, Kantong Plastik ukuran A4. Sedangkan bahan penelitian terdiri dari H_2SO_4 pekat, HNO_3 dan Formalin 4% sebagai pengawet sampel.

Komponen yang Ditelaah

Komponen lingkungan hidup yang ditelaah adalah yang diperkirakan dapat terkena dampak negatif penting dan yang menjadi faktor penentu degradasi fungsi kualitas sungai. Komponen lingkungan yang ditelaah meliputi biofisik-kimia yaitu:

- 1) Kualitas Perairan Lokasi Studi
- 2) Status Mutu Air Sungai

Prosedur Penelitian, Pengambilan dan Analisis Sampel

Pengukuran Paramater Hidrologi

Kualitas Perairan dan Sedimen Lokasi Studi

Kondisi air permukaan untuk data primer (pengukuran sampel) yang diambil di 14 Stasiun antara lain ST I: Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai), ST II: Sungai Melaseh (Kampung Long Pahangai), ST III: Sungai Pahangai (Kampung Long Pahangai), ST IV: Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohang), STV: Sungai Sebnut (Kampung Long Bagun), ST VI: Sungai Alan (Kampung Long Bagun), ST VII: Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang), ST VIII: Sungai Melahan (Kampung Long Melahan), ST IX: Sungai Mahakam (Kampung Laham), ST X: Sungai Ratih (kampung Damum Paroy), ST XI: Sungai Mahakam (kampung Datah Bilang), ST XII: Sungai Pari (Kampung Datah Bilang), ST XIII: Sungai Pataq (Kec. Long Bagun), ST XIV: Sungai Medang (Kec. Long Bagun).

Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* pada tempat-tempat tertentu yang dianggap mewakili. Sampel air diambil dengan menggunakan *Water Sampler* selanjutnya dipindahkan ke dalam botol sampel. Setiap titik sampling pengambilan sampel air sebanyak 3 botol dengan perlakuan yaitu 1 botol tanpa pengawet dan 2 botol sampel lainnya dengan menggunakan pengawet H_2SO_4 dan HNO_3 sampai pH 2.

Pengukuran kualitas air dilakukan dengan 2 metode yaitu secara *in situ* (langsung di lokasi) dan *ex situ* (di laboratorium). Adapun pengukuran kualitas air secara *in situ* dengan memakai *water checker* adalah parameter suhu air, pH air, DO, H_2S dan sedangkan Total Suspended Solid, NH_3-N , NO_2-N , BOD, COD

diukur secara *ex situ* di dengan spectrophotometric. Laboratorium yang dipakai adalah Lab. PPLH Unmul, dan Lab. PPHT Unmul. Sampel air yang tidak diberi pengawet disimpan dalam *coolbox* diberi es curah hingga sampai ke laboratorium.

Semua peralatan dan kemasan sebelum sampling disterilkan, dan alat ukur insitu dikalibrasi (termasuk standarisasi reagen tetrimetrik insitu). Sterilisasi di lapangan dilakukan setiap kali selesai sampling dan pengukuran insitu. Setiap selesai dari lapangan reagen tetrimetrik lapangan disimpan dalam tempat dingin. Jika di lapangan dirasakan ada keraguan atau penyimpangan alat potensiometrik, maka dilakukan kalibrasi ulang.

Evaluasi kualitas air permukaan disesuaikan dengan peruntukan air sungai tersebut yaitu sebagai sumber air bersih sesuai dengan PP no 22 Tahun 2021 dan Perda Kaltim No.2 Tahun 2011 Lampiran 3 seperti disajikan di tabel 1.

Tabel 1. Paramater dan Metode Pengukuran Kualitas Air Permukaan

No.	Parameter	Satuan	SPEKIFIKASI
			METODE
A. Fisika			
1.	Suhu	°C	SNI 06-6989.23-2005
2.	TSS	mg/L	SNI 06-6989.3-2004
3.	TDS	mg/L	SNI 06-6989.27-2005
4.	Kekeruhan	NTU	SNI 06-6989.25-2005
5.	Warna	PtCo	SNI 06-6989.24-2005
B. Kimia			
6.	pH	-	SNI 06-6989.11-2005
7.	Besi (Fe)	mg/L	SNI 6989.4:2009
8.	Mangan (Mn)	mg/L	SNI 6989.5:2009
9.	Tembaga (Cu)	mg/L	SNI 6989.6:2009
10.	Seng (Zn)	mg/L	SNI 6989.7:2009
11.	Kromium VI (Cr ⁺⁶)	mg/L	SNI 06-6989.17-2004
12.	Kadmium (Cd)	mg/L	SNI 6989.16:2009
13.	Pb	mg/L	SNI 6989.8:2009
14.	H ₂ S	mg/L	SNI 6989.75:2009
15.	Flourida	mg/L	SNI 06-6989.29-2005
16.	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/L	SNI 06-4824-1998
17.	Kesadahan	mg/L	SNI 7644.2010
18.	Klorida (Cl)	mg/L	SNI 6989.19.2009
19.	Sulfat (SO ₄)	mg/L	SNI 6989.20-2009
20.	Oksigen Terlarut (DO)*)	mg/L	SNI 06-6989.14-2004
21.	Phosphat (PO ₄ -P)	mg/L	SNI 06-6989.31-2005
22.	Nitrat	mg/L	SNI 6989.74:2009
23.	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	SNI 06-6989.9-2004
24.	BOD ₅	mg/L	APHA 2012 (Section 5210-B)
25.	COD	mg/L	SNI 6989.73-2009
26.	Surfactan	mg/L	SNI 06.6989.51-2005
27.	Minyak dan Lemak	mg/L	SNI 6989.10-2011
28.	Amoniak (NH ₃ -N)	mg/L	SNI 06.6989.30-2005
C. Mikrobiologi			
29.	Total Coliform	Jumlah/100L	Most Probable Number (MPN)
30.	Faecal Coliform	Jumlah/100L	Most Probable Number (MPN)

Analisa Data

Data kualitas air yang sudah diperoleh dari hasil survey lapangan dan analisa di laboratorium untuk memperoleh status mutu air. Penentuan status mutu air dilakukan sesuai dengan KepmenLH No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air menyebutkan bahwa status mutu air adalah tingkat

kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Pasal 2 KepmenLH 115 tersebut juga menyebutkan bahwa penentuan status mutu air dapat menggunakan Metoda STORET atau Metoda Indeks Pencemaran. Metoda STORET merupakan salah satu metoda untuk menentukan status mutu air yang umum digunakan. Dengan metoda STORET ini dapat diketahui parameter-parameter yang telah memenuhi atau melampaui baku mutu air. Secara prinsip metoda STORET adalah membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan sistem nilai dari “US-EPA (Environmental Protection Agency)” dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas, yaitu :

- (1) Kelas A : baik sekali, skor = 0 --→ memenuhi baku mutu
- (2) Kelas B : baik, skor = -1 s/d -10 ---→ cemar ringan
- (3) Kelas C : sedang, skor = -11 s/d -30 --→ cemar sedang
- (4) Kelas D : buruk, skor \geq -31 ---→ cemar berat

Prosedur Penggunaan Penentuan status mutu air dengan menggunakan metoda STORET dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Lakukan pengumpulan data kualitas air dan debit air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (time series data).
2. Bandingkan data hasil pengukuran dari masing-masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
3. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran < baku mutu) maka diberi skor 0.
4. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi skor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum peran sungai sangat penting bagi setiap kegiatan yang dilakukan oleh manusia , karena fungsi-fungsinya untuk transportasi, sumber air bagi masyarakat, perikanan, pemeliharaan hidrologi, rawa dan lahan basah. Sebagai alat angkut, sungai membawa sedimen (lumpur, pasir), sampah, limbah dan zat hara, melalui berbagai macam kawasan lalu akhirnya ke laut. Apabila sedimen yang terbawa aliran cukup banyak, maka akan memicu terjadinya proses sedimentasi/pendangkalan. Seandainya debit sungai berkurang dan beban penggunaannya makin banyak, maka kualitas air makin menurun sampai titik resiko yang merugikan untuk kegiatan produksi atau bahkan membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan.

Sungai merupakan salah satu dari tipe perairan daratan, Perairan daratan (*inland waters*) merupakan gabungan dari berbagai ekosistem perairan yang ada di daratan. Potensi dan pengelolaan perairan tersebut dipandang penting karena letak geografisnya yang berkaitan erat dengan berbagai aktifitas manusia. Perairan daratan dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu perairan mengalir (*lotik*) dan perairan menggenang (*lentik*). Perairan tergenang meliputi rawa, waduk, kolam, dan danau (Ewusie, 1990). Perairan mengalir adalah perairan yang mempunyai massa air yang bergerak terus menerus ke arah tertentu, mengalir dari daerah pedalaman sampai ke laut, termasuk semua sungai dan aliran dengan segala ukuran.

Secara administratif Sungai Mahakam melewati tiga wilayah setingkat kabupaten, yaitu Kabupaten Kutai Barat, Kabupaten Kutai Kartanegara, dan Kotamadya Samarinda yang merupakan Ibu Kota Provinsi Kalimantan Timur dengan panjang kurang lebih 920 km. Sungai Mahakam merupakan sungai utama yang menjadi tempat bermuara beberapa sungai yang memberikan kontribusi limpasan air dengan berbagai komposisi kandungan fisik dan kimia yang tentunya sangat tergantung pada daerah tangkapan air sungai-sungai tersebut. Kondisi aktual sempadan Sungai Mahakam yang memiliki himpunan vegetasi dengan kondisi kerapatan dan jenis yang berbeda memberikan gambaran dan implikasi langsung terhadap karakteristik yang khas, terkait bentuk fisik berupa lebar sungai, kedalaman dan contour dasar sungai.

Pada Atlas Kalimantan Timur (Voss, 1983) digambarkan bahwa di sebelah hulu dari Long Iram (daerah aliran sungai Mahakam bagian hulu) sungai ini mengalir pada batuan tersier. Antara Long Iram dan Muara Kaman (daerah aliran sungai bagian tengah) sungai ini mengalir pada batuan alluvium kuartar, sementara di antara Muara Kaman hingga ke hilir termasuk di Delta Mahakam, kembali ditemukan batuan tersier.

Daerah Hulu Sungai Mahakam merupakan badan sungai yang banyak terdapat riam. Riam-riam yang berbahaya (Kiham) terdapat mulai dari Long Bagun sampai Long Apari Kabupaten Mahakam Ulu yang berbatasan dengan Serawak Malaysia. Bukit-bukit berdingding terjal banyak terdapat di alur Sungai Mahakam

yang berada di kecamatan Long Bagun sampai di Long Apari. Mulai dari hilir Riam Haloq yaitu permulaan riam yang ditemukan bila menyusuri Sungai Mahakam ke hulu terletak di atas Kampung Long Bagun, kiri dan kanan terdapat batu-batu dinding dimana semakin ke hulu Sungai Mahakam dinding-dinding batu tersebut bertambah tinggi.

Kompleksitas adanya berbagai aktivitas manusia yang terdapat di sepanjang sempadan Sungai Mahakam segmen Mahakam Ulu yang dijadikan sebagai lokasi survey menandakan begitu besar peran Sungai Mahakam terhadap berbagai aktivitas tersebut. Konsekuensi logis yang terjadi adalah beban masukan berbagai limbah domestik, industri, dan pertanian yang akan menurunkan kualitas air dan beban sedimen yang akan meningkatkan laju sedimentasi sehingga kondisi ini apabila tidak dikelola dengan baik maka Sungai Mahakam Segmen Mahakam Ulu akan memberikan hukuman berupa limpasan air banjir dan pencemaran yang akan merugikan masyarakat secara umum dan khususnya masyarakat yang berada di sepanjang Sungai Mahakam Segmen Mahakam Ulu.

Profil Dasar Sungai Mahakam Segmen Kabupaten Mahakam Ulu

Profil dasar sungai dapat diartikan sebagai karakteristik bentuk atau pola dari tebing/jering dan dasar sungai yang membentuk penampang sungai. Berdasarkan perkembangan profil sungai menurut Lobeck, 1939; Pannekoek, 1957 dan Sandy, 1985 dalam Waryono [18]. dalam proses pengembangannya mengalami tiga taraf yaitu: *Periode muda*, terdapat di daerah hulu sungai, yang mempunyai ketinggian relief yang cukup besar. Ciri spesifiknya terdapatnya sayatan sungai yang dalam, disebabkan oleh penorehan air yang kuat dari air yang mengalir cepat dan daya angkut yang besar. Erosi tegak sering dijumpai, sehingga lebah curam berbentuk huruf (V) sering juga ditemukan. *Periode dewasa*, dijumpai di bagian tengah sungai, yang dicirikan dengan pengurangan kecepatan aliran air, karena ketinggian relief yang berkurang. Daya angkut berkurang, dan mulai timbul pengendapan di beberapa tempat yang relatif datar. Keseimbangan antara kikisan dan pengendapan mulai tampak, sehingga di beberapa tempat mulai terjadi akumulasi material, arus akan berbelok-belok, karena endapan yang mengeras, dan di tempat endapan inilah yang sering terjadi meander. *Periode tua*, di daerah hilir dengan ketinggian rendah, yang dicirikan tidak terjadi erosi tegak, dan daya angkut semakin berkurang, sehingga merupakan pusat-pusat pengendapan. Tekanan air laut di bagian muara sungai sering menyebabkan delta.

Menurut Forman dan Gordon (1983) dalam Waryono [18]. menyebutkan bahwa bagian dari bentuk luar sungai secara rinci dapat dipelajari melalui bagian-bagian dari sungai, yang sering disebut dengan istilah struktur sungai. Struktur sungai dapat dilihat dari tepian aliran sungai (tanggul sungai), alur sungai, bantaran sungai dan tebing sungai, yang secara rinci diuraikan sebagai berikut:

Alur dan Tanggul Sungai

Alur sungai : adalah bagian dari muka bumi yang selalu berisi air yang mengalir yang bersumber dari aliran limpasan, aliran *sub surface run-off*, mata air dan air bawah tanah (*base flow*). Lebih jauh Sandy (1985) menyatakan bahwa alur sungai dibatasi oleh bantuan keras, dan berfungsi sebagai tanggul sungai.

Dasar dan Gradien sungai

Dasar sungai sangat bervariasi, dan sering mencerminkan batuan dasar yang keras. Jarang ditemukan bagian yang rata, kadangkala bentuknya bergelombang, landai atau dari bentuk keduanya; sering terendapkan material yang terbawa oleh aliran sungai (endapan lumpur). Tebal tipisnya dasar sungai sangat dipengaruhi oleh batuan dasarnya. Dasar sungai dari hulu ke hilir memperlihatkan perbedaan tinggi (elevasi), dan pada jarak tertentu atau keseluruhan sering disebut dengan istilah “gradien sungai” yang memberikan gambaran berapa persen rata-rata kelerengan sungai dari bagian hulu ke bagian hilir. Besaran nilai gradien berpengaruh besar terhadap laju aliran air.

Bantaran sungai

Bantaran sungai merupakan bagian dari struktur sungai yang sangat rawan. Terletak antara badan sungai dengan tanggul sungai, mulai dari tebing sungai hingga bagian yang datar. Peranan fungsinya cukup efektif sebagai penyaring (filter) nutrien, menghambat aliran permukaan dan pengendali besaran laju erosi. Bantaran sungai merupakan habitat tumbuhan yang spesifik (vegetasi riparian), yaitu tumbuhan yang komunitasnya tertentu mampu mengendalikan air pada saat musim penghujan dan kemarau.

Tebing sungai

Bentang alam yang menghubungkan antara dasar sungai dengan tanggul sungai disebut dengan “tebing sungai”. Tebing sungai umumnya membentuk lereng atau sudut lereng, yang sangat tergantung dari bentuk medannya. Semakin terjal akan semakin besar sudut lereng yang terbentuk. Tebing sungai merupakan habitat dari komunitas vegetasi riparian, kadangkala sangat rawan longsor karena batuan dasarnya sering berbentuk cadas.

Secara umum profil dasar Sungai Mahakam Segmen Mahakam Ulu mulai dari Sungai mahakam (Kampung Long Pahangai), Sungai Melaseh Kec. Long Pahangai, Sungai Pahangai Kec. Long Pahangai Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohong) Kec. Long Apari, Sungai Muara Sebnut Kec. Long Bagun, Sungai Alan Kec. Long Bagun, Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang) Kec. Long Bagun Sungai Long Melahan Kec. Long Bagun, Sungai Mahakam (Kampung Laham) Kec. Long Laham, Sungai Muara Ratah (Kampung Damum Paroy) Kec. Long Laham, Sungai Mahakam (Kampung Datah Bilang) Kec. Long Hubung, Sungai Pari Kec. Long Hubung menunjukkan kondisi yang cukup bervariasi. Perbedaan profil dasar sungai ini dapat dipahami, karena adanya perbedaan struktur keterjalan tebing/jering maupun dasar sungai di masing-masing stasiun tersebut yang mungkin disebabkan oleh kondisi kerapatan vegetasi riparian dan batuan dasar Sungai Mahakam Segmen Mahakam Ulu. adanya perbedaan keterjalan tebing/jering sungai yang sangat mencolok. Kondisi ini dapat dipahami karena secara visual kondisi vegetasi di bantaran/ sempadan sungai berbeda.

Kualitas Air

Secara keseluruhan, dari 24 parameter kualitas air yang dianalisa, sebagian besar masih berada dalam kisaran yang diperkenankan berdasarkan baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah RI No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Adapun hasil analisis kualitas air sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu disajikan pada Tabel 2. pada periode Juli, 2022 dan Tabel 3. pada periode September, 2022.

<https://docs.google.com/document/d/15R5DiCkDFejWXYpEvVaVG1Tr9K9FYsFl/edit?usp=drivesdk&oid=109987731423446588850&rtpof=true&sd=true>

Suhu Air

Air sering digunakan sebagai medium pendingin dalam berbagai proses industri. Air pendingin tersebut setelah digunakan akan mendapatkan panas dari bahan yang didinginkan, kemudian dikembalikan ke sungai atau sumber air lainnya. Air buangan tersebut mempunyai suhu lebih tinggi dari pada air asalnya. Baku mutu air permukaan (badan air) ditetapkan pada suhu normal. Suhu air permukaan (badan air) yang tinggi ($>45^{\circ}\text{C}$) akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia serta tata kehidupan dalam air.

Perubahan suhu memperlihatkan aktivitas kimia biologis pada benda padat dan gas dalam air. Pembusukan yang terjadi pada suhu yang tinggi dan tingkatan oksidasi zat organik jauh lebih besar pada suhu yang tinggi. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan kelarutan oksigen dalam air permukaan (badan air) berkurang, sehingga proses aerasi yang dibutuhkan untuk mendegradasi bahan organik akan terhambat. Selanjutnya akan memberikan dampak yang dapat mematikan biota air di dalam badan air dan mematikan vegetasi yang terkena.

Berdasarkan pengukuran *in situ*, tidak ada perbedaan nyata pada suhu air di semua lokasi sampling dimana kisaran suhu air pada DAS Mahakam berkisar antara $27,8 - 30,4^{\circ}\text{C}$ (Juli 2022) dan pada bulan September 2022 berkisar antara $29,1 - 31,2^{\circ}\text{C}$. Kisaran suhu air yang terukur ini merupakan kisaran suhu alami suatu perairan di daerah beriklim tropis, sehingga dapat menunjang kehidupan biota perairan.

Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS)

Padatan tersuspensi (TSS) adalah padatan yang berukuran $> 1\mu\text{m}$ yang menyebabkan terjadinya kekeruhan air, tidak larut dan tidak dapat mengendap langsung. Sumber utama terdapatnya padatan tersuspensi pada perairan adalah gerakan-gerakan air yang menyebabkan teraduknya lumpur halus dan terkikisnya tanah oleh gerakan tersebut.

Total padatan tersuspensi (TSS) merupakan agregat dari karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat dan garam-garam lainnya. TSS sangat penting karena pengaruhnya terhadap palatabilitas dan efeknya untuk menyebabkan reaksi fisiologis yang buruk. Air yang kaya mineral kurang bagus bagi aplikasi industri maupun untuk irigasi/pertanian.

Total Suspended Solid (TSS) adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air tidak larut dan tidak dapat mengendap secara cepat, yang merupakan bahan-bahan tersuspensi (diameter $> 1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan Millipore dengan diameter pori $0,45\mu\text{m}$. TSS dapat terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air.

Hasil pengukuran total padatan tersuspensi (TSS) menunjukkan secara umum nilai TSS yang terukur pada semua stasiun pengamatan masih memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan Peraturan Pemerintah RI No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Perda

Kaltim No. 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kelas I yang dipersyaratkan untuk kandungan total padatan tersuspensi (TSS) tidak melebihi 50 mg/l.

Kadar TSS pada sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu, secara parsial masih tergolong baik dan memenuhi baku mutu seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4. Kisaran TSS yang terukur pada periode Juli 2022 berkisar antara 7 mg/l sampai dengan 56,0 mg/l. sedangkan pada periode September 2022 berkisar antara 6 mg/l sampai dengan 253 mg/l. Adanya perbedaan kadar TSS pada 2 periode pengambilan sampel disebabkan adanya perubahan musim. Pada periode Jul 2022, pengambilan sampel masih dalam musim kemarau sedangkan pada periode September 2022, sudah memasuki musim penghujan. Kondisi TSS pada studi ini sangat berbeda dengan hasil temuan penelitian terdahulu dimana nilai TSS di beberapa lokasi di sepanjang sungai Mahakam, seperti Kota Bangun, Tenggarong, dan Sungai Mariam, berkisar antara 60 – 80 mg/L (Ghitarina, *et al.*, 2009).

Nilai TSS dan kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan air menjadi lebih hangat dan menyerap lebih banyak panas dari matahari sehingga kandungan oksigen menjadi berkurang.

Padatan terlarut (TDS) di sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu, berdasarkan hasil pengukuran tergolong baik dan masih dibawah baku mutu air kelas I (Peraturan Pemerintah RI No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air), dengan nilai kisaran TDS pada periode I (Juli 2022) antara 35 mg/l (Stasiun 13) sampai dengan 115 mg/l (Stasiun 4) (Tabel 4.3) dan pada periode II (September, 2022) berkisar antara 28 mg/L (Stasiun 2) hingga 92 mg/L (Stasiun 6). Padatan terlarut pada daerah hilir disebabkan bahan-bahan terlarut yang berasal dari padatnya pemukiman sehingga mempengaruhi jumlah limbah domestik yang terbuang. Adanya perbedaan kadar TDS disebabkan adanya ion-ion yang terlarut pada saat musim kemarau (periode Juli 2022) lebih tinggi dibanding dengan saat musim penghujan (periode September 2021). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Effendi (2003) yang menyatakan bahwa Nilai TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik. Bahan-bahan terlarut tidak bersifat toksik, akan tetapi dapat mempengaruhi proses fotosintesis bila jumlahnya berlebihan (Effendi, 2003).

pH air

Nilai pH air berguna untuk menentukan indeks pencemaran suatu perairan dengan melihat tingkat keasaman atau kebasaaan air. Besarnya nilai pH dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator adanya keseimbangan unsur-unsur kimia dan unsur hara yang sangat bermanfaat bagi kehidupan biota perairan. Pada perairan dengan pH rendah, senyawa ammonium yang dapat terionisasi banyak ditemukan (ammonium tidak bersifat toksik). Pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan ammonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik.

Hasil pengukuran pH pada beberapa sungai tersebut secara umum masih memenuhi baku mutu berdasarkan kelas I Peraturan Pemerintah RI No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk nilai pH yakni berada pada kisaran 6-9. Kisaran pH air di lokasi sampling berkisar antara 6,3 sampai dengan 7,4 pada bulan Juli 2022 dan pada bulan September 2022 berkisar antara 6,9 – 8,3. Kisaran pH ini lebih baik dibandingkan dengan hasil penelitian Ghitarina, *et al.*, (2009) dimana kisaran pH pada DAS Mahakam tercatat antara 5.25 – 8.75. Pada hasil penelitian Ghitarina, *et al.* (2009), pH air di Kota Bangun, dan Tenggarong memiliki berkisar 5.25 – 5.80 sedangkan pH pada S.Meriam 8.78.

Setiap organisme mempunyai pH optimum untuk kehidupannya, pH yang ideal untuk kehidupan fitoplankton adalah 6,5 - 8,0. Pada perairan yang mempunyai pH kurang dari 6, fitoplankton tidak dapat hidup dengan baik. Sedangkan pada perairan dengan pH 9,5 dapat menyebabkan kematian biota laut dan mengurangi produktivitas perairan (Wardojo, 1975).

Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut (DO) adalah konsentrasi gas oksigen yang terlarut dalam air, dimana konsentrasi oksigen terlarut dalam suatu perairan sangat ditentukan oleh laju fotosintesis. Kelarutan gas (terutama oksigen) ke dalam air dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial dan gas-gas yang ada di udara maupun di air, salinitas dan senyawa yang mudah teroksidasi. Oksigen sangat esensial bagi pernafasan dan merupakan satu diantara komponen utama bagi metabolisme ikan dan biota perairan lainnya.

Proses fotosintesis menyebabkan peningkatan oksigen terlarut selama siang hari dan mencapai maksimum pada sore hari, selanjutnya konsentrasi oksigen terlarut menurun menjelang malam hingga pagi hari oleh aktivitas respirasi organisme dan dekomposisi bahan organik. Reduksi oksigen terlarut oleh bakteri

hingga mendekati nol, dalam mendekomposisi senyawa organik dapat merubah warna perairan menjadi hitam. Jika kondisi seperti ini terjadi, maka akan menyebabkan timbulnya senyawa dan gas-gas yang dapat mengganggu kehidupan biota.

Kisaran kadar DO di lokasi sampling periode I (Juli, 2022) 6,02 mg/L ditemukan di Stasiun 6 hingga 7,2 mg/L terukur di Stasiun 11. Periode II (September, 2022) 5,2 mg/L ditemukan di Stasiun 13 hingga 6,3 mg/L terukur di Stasiun 4. Kadar DO pada semua lokasi sampling masih memenuhi baku mutu untuk Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang dipersyaratkan untuk nilai DO yakni pada kisaran 4-6 mg/l. Jika dibandingkan dengan studi kualitas air yang dilakukan oleh Ghitarina *et al.*,(2009) di DAS Mahakam, maka kondisi DO pada saat studi ini berlangsung masih lebih baik, dimana kisaran DO pada studi terdahulu adalah 2.45 – 4.7 mg/L.

BOD dan COD

Parameter *biochemical oxygen demand* (BOD₅) menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam suatu perairan. Semakin tinggi nilai BOD₅ memberikan gambaran semakin besarnya bahan organik yang akan terdekomposisi yang dapat berakibat lebih lanjut pada timbulnya bahan-bahan beracun sebagai efek samping proses dekomposisi, seperti ammonia, nitrit dan hidrogen sulfida yang semakin meningkat. Hal tersebut mengakibatkan menurunnya oksigen terlarut dalam air yang dapat menyebabkan terganggunya proses metabolisme biota perairan, bahkan dapat menyebabkan kematian biota tersebut. Kadar BOD₅ di Sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu pada tahun 2018 tergolong normal karena masih memenuhi BML (2 mg/l), dengan kisaran tertinggi pada Sungai Mahakam – Long Pahangai (1,87 mg/l), dan terendah pada Anak Sungai Mahakam - Sungai Ratah di Laham (1,02 mg/l). Rendahnya kadar BOD₅ di Sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu, sangat wajar karena rendahnya bahan organik yang berasal dari limbah domestik. Pada tahun 2021 terdapat peningkatan BOD, hasil pengukuran yang dilakukan pada periode I (September, 2021) dan Periode II (September, 2021) menunjukkan nilai yang belum memenuhi BML kelas I, akan tetapi relatif masih memenuhi BML pada Kelas II, III dan IV.

Pada tahun 2022 terdapat peningkatan BOD, hasil pengukuran yang dilakukan pada periode I (Juli, 2022) dan Periode II (September, 2022) menunjukkan nilai yang memenuhi BML kelas I, II, III dan IV. Walaupun secara parsial pada Stasiun I pada periode II relative belum memenuhi dengan konsentrasi 2,42 mg/L.

Chemical Oxygen Demand (COD) menyatakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan, menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Keberadaan bahan organik dapat berasal dari limbah rumah tangga, alam dan industri seperti industri pulp dan industri makanan

Nilai COD pada seluruh lokasi sampling pada pemantauan yang dilakukan pada tahun 2018, masih memenuhi BML dengan kisaran antara 5,25 – 9,08 mg/L. Nilai COD tertinggi ditemukan di perairan Sungai Mahakam - Tiang Ohang dan Sungai Mahakam – Ujoh Bilang sedangkan nilai COD terendah ditemukan di Sungai Sebutut. Nilai pengukuran COD yang relative lebih tinggi dibandingkan BOD. Hal ini tersebut menunjukkan terdapat banyak bahan organik, dan bahan organik yang ada pada sungai tersebut umumnya sulit diurai. Ini juga mengindikasikan banyaknya jumlah oksigen yang diperlukan untuk aktivitas bakteri aerobik dalam melakukan proses dekomposisi bahan organik tersebut, artinya konsumsi oksigen dalam kegiatan tersebut tidak akan mengganggu ketersediaan oksigen untuk kehidupan biota dalam perairan.

Pemantauan yang dilakukan pada periode I (September, 2021) dan Periode II (September, 2021) menunjukkan nilai yang memenuhi BML kelas I, Kelas II, III dan IV. Sedangkan pada pemantauan Periode I bulan Juli 2022 (5,0 – 21,2 mg/L) secara parsial terdapat 3 stasiun yang memenuhi baku mutu kelas I terutama pada stasiun 13 dan periode II bulan September 2022 (9,7-83,6 mg/L), secara parsial memenuhi baku mutu yaitu pada Stasiun 3, 10, 11 dan 14.

Bahan organik yang ada di perairan dapat diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf dan Eddy, 1991), sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi.

Sulfida (H₂S) dan Sulfat

Hidrogen Sulfida (H₂S) merupakan gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik yang dilakukan bakteri anaerobik, merupakan gas yang sangat berbahaya bagi kehidupan biota perairan serta menghasilkan bau yang tidak enak. Hidrogen yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap kehidupan biota perairan.

Hasil pengukuran Sulfida (H_2S) di beberapa daerah di sepanjang sungai Mahakam memenuhi baku mutu ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011 *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air* yang dipersyaratkan untuk kandungan Sulfida (H_2S) tidak melebihi 0.002 mg/l. Kadar H_2S di lokasi sampling sangat rendah bahkan tidak terdeteksi oleh alat ukur. Kondisi ini memperlihatkan bahwa secara umum, perairan sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu tidak banyak kandungan bahan organik yang tidak mudah diuraikan secara biologi dan banyak proses dekomposisi yang dilakukan oleh bakteri anaerob.

Selain itu pula tingginya kandungan sulfide (H_2S) di perairan dipengaruhi pula oleh banyak proses pembusukan dan pengendapan bahan organik yang terjadi karena rendahnya kelarutan oksigen dalam air dan kurangnya pergerakan atau aliran air dalam sistem perairan sungai tersebut. Kadar H_2S pada perairan ini lebih rendah dibandingkan studi terdahulu (Ghitarina, *et al.*, 2009) dimana kadar H_2S nya melebihi 2.00 mg/L.

Ion sulfat (SO_4) didapatkan dalam berbagai konsentrasi di perairan. Senyawa-senyawa belerang organik baik yang berasal dari alam maupun sebagai jenis zat pencemar, sangat banyak terdapat pada sistem perairan alami. Penguraian dari senyawa-senyawa ini merupakan proses mikrobial yang sangat penting dalam air. Hasil-hasil penguraian sulfat dalam keadaan aerobik menghasilkan gas H_2S yang sangat beracun. Kadar H_2S 1 mg/l akan menyebabkan kematian pada ikan. Kandungan sulfat di sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu pada tahun 2018 menunjukkan nilai yang sangat rendah, yaitu berkisar 0.00 mg/l (Sungai Mahakam – Long Pahangai) – 18,08 mg/l (Anak Sungai Mahakam – Sungai Pari di Long Hubung). pemantauan pada tahun 2021 kadar H_2S relative mengalami penurunan, dan secara umum memenuhi baku mutu sesuai regulasi. Pada tahun 2022 konsentrasi Sulfida (H_2S) dan Sulfat relative memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan

Ammonia (NH_3-N), Nitrit (NO_2-N) dan Nitrat (NO_3-N)

Pada umumnya dalam memanfaatkan nitrogen, organisme akuatik mempunyai kecenderungan untuk secara bertahap dan berturut-turut mengambil ammonia, nitrat dan nitrit (Riley dan Chester, 1971). Effendi (2002), menambahkan Ammonia (NH_3-N) dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Sumber ammonia di perairan adalah hasil pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air, berasal dari dekomposisi bahan organik. Selain itu, ammonia dapat juga berasal dari tinja biota perairan yang merupakan limbah aktivitas metabolisme, difusi dengan atmosfer dan limbah industri dan domestik [7].

Kadar Ammonia diseluruh lokasi sampling masih memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Relatif rendahnya kadar ammonia kemungkinan sangat berhubungan erat dengan keberadaan bahan-bahan yang masuk ke badan air yang berasal dari antropogenik, diantaranya adalah bahan organik yang berasal dari dekomposisi mahluk hidup yang mati di badan air saja, sedangkan limbah domestik sangat kecil. Kisaran kadar ammonia dalam penelitian ini relatif sama dengan penelitian terdahulu dimana nilai NH_3 pada studi terdahulu disepanjang sungai Mahakam berkisar antara 0.1 -0.75 mg/L (Ghitarina *et al.*, 2009)

Di alam, Nitrogen terdapat dalam bentuk senyawa organik seperti urea, protein, dan asam nukleat atau sebagai senyawa anorganik seperti ammonia, nitrit, dan nitrat. Senyawa Nitrit (NO_2) bersumber dari alam, limbah domestic, dan limbah industri. Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik di perairan, dimana nitrogen dalam bentuk ammonia dirombak oleh bakteri nitrosomonas menjadi nitrit. Kadar nitrit yang tinggi dapat menyebabkan kekebalan tubuh (immunitas) organisme menurun sehingga organisme gampang terinfeksi penyakit. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al* (2004), kadar nitrit yang tinggi dapat mengganggu keseimbangan antara antioksidan dan prooksidan pada udang *Macrobrium nipponense*. Selain itu nitrit juga dapat bereaksi dengan hemoglobin yang menyebabkan terbentuknya methemoglobin sehingga darah tidak dapat mengikat dan mentransport oksigen ke tissue (jaringan tubuh).

Kadar nitrit pada seluruh daerah sampling pada periode I September 2022 tidak melebihi standard baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011, sedangkan pada periode 2 (September 2022),. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu maka kisaran kadar nitrit di sepanjang sungai Mahakam ini relatif sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ghitarina *et al.*, (2009)

Nitrit dan nitrat terdapat di dalam air sebagai hasil dari oksidasi. Nitrit merupakan hasil oksidasi dari ammonia dengan bantuan bakteri Nitrisomonas dan Nitrat hasil dari oksidasi Nitrit dengan bantuan bakteri Nitrobacter. Keduanya selalu ada dalam konsentrasi yang rendah karena tidak stabil akibat proses oksidasi

dan sangat tergantung pada keberadaan bahan yang dioksidasi dan bakteri. Kedua bakteri tersebut akan optimal melakukan proses nitrifikasi pada pH 7.0-7.3 (Malone & Burden, 1988).

Hasil pengukuran Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) pada tahun 2022 di beberapa di wilayah di sepanjang sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu menunjukkan konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ pada seluruh sungai uji, secara umum, hampir semua sungai mempunyai hasil pengukuran Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) yang masih memenuhi batas baku mutu ditetapkan berdasarkan Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011 *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air* yang dipersyaratkan untuk kandungan Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) tidak melebihi 10 mg/l.

Ketika air mengandung banyak oksigen tidak akan berbahaya akan terjadinya denitrifikasi. Sehingga konsentrasi nitrat tidak terlalu penting untuk di monitoring. Akan tetapi, karena ammonia, standar kualitas air perlu dilakukan pencegahan eutropikasi terjadinya pembentukan nitrat, dan berlebihannya pertumbuhan alga dan tanaman, akan kemudian berdampak pada ikan. Tindakan yang bisa dilakukan adalah dengan mengurangi volume pemberian pakan dan melakukan pergantian air hingga 50%. Yang kemudian bisa dilanjutkan dengan pemberian probiotik yang mampu mengikat ammonia. Tingkat racun nitrat terhadap ikan atau udang sangat rendah. Kematian yang ditimbulkan terjadi ketika konsentrasinya mencapai 1000 mg/L; maksimum yang dibolehkan untuk budidaya adalah 60 ppm untuk jenis udang. Akan tetapi udang bisa hidup pada konsentrasi nitrat hingga 200 ppm (Van Wyk & Scarpa, 1999).

Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$)

Pada perairan unsur fosfor akan berbentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat atau polifosfat). Ortofosfat adalah bentuk fosfor yang dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air. Sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis dulu membentuk ortofosfat sebelum dimanfaatkan sebagai sumber fosfor. Fosfor berperan dalam transfer energy di dalam sel seperti yang terdapat pada ATP dan ADP. Kadar fosfat di Sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu masih pada pemantauan tahun 2018 tergolong alami dengan kisaran 0,00 mg/l sampai dengan 0,097 mg/l, demikian halnya dengan pemantauan yang dilakukan pada tahun 2021 dan 2022.

Dampak ekologis yang mungkin diakibatkan bila konsentrasi ammonia, nitrit, nitrat dan fosfat cukup besar di perairan adalah dapat memicu terjadinya eutrofikasi yang dapat menyebabkan stress pada ikan atau organisme lainnya secara individu sampai pada kematian massal organisme, apalagi sampai terjadi *bloom* (pertumbuhan masal dan cepat) plankton yang menyebabkan perairan tanpa oksigen (*hypoxia*), selain itu ammonia dapat bersifat racun (*toxic*) terhadap biota perairan yang pada akhirnya akan menyebabkan kematian karena kemampuan darah mengikat dan mengangkut oksigen (O_2) menurun seperti yang diungkapkan oleh Baker (1976); Cheremisinoff *et al* (1979); Ryding *et al* (1989), dan Udal *et al* (1989).

Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak yang mencemari air sering dimasukkan ke dalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air. Hasil pengukuran kadar minyak dan lemak di Sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu pada 2 periode sampling menunjukkan hasil yang sangat rendah di bawah BML.

Kehadiran minyak dan lemak di Sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu selain disebabkan oleh hasil dekomposisi bahan organik baik dari hewan maupun dari tumbuhan, juga disebabkan oleh adanya tumpahan minyak yang tidak disengaja yang berasal dari kapal motor yang mengisi BBM di sungai dan lain sebagainya.

Surfaktan

Surfaktan merupakan bahan organik yang berperan sebagai bahan aktif pada detergen, sabun dan sampo. Surfaktan dapat menurunkan ketegangan permukaan sehingga memungkinkan partikel-partikel yang menempel pada bahan-bahan yang dicuci terlepas dan mengapung atau terlarut dalam air sehingga digunakan sebagai bahan detergen. Detergen terdiri dari gabungan kelompok atom *hydrophobic* dan *hydrophylic* (Leithe, 1973).

Hasil pengukuran terhadap konsentrasi surfaktan yang ada di seluruh lokasi penelitian pada tahun 2018, 2021 dan 2022 masih berada di bawah baku mutu yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah RI No 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011 kelas 1. Konsentrasi surfaktan berkisar antara 0,00 – 0,09 mg/l pada tahun 2018 dan pada tahun 2021 berkisar antara 0,002 – 0,01 $\mu\text{g/L}$ pada tahun 2022 berkisar antara <0,001 – 0,13 mg/L. Meskipun konsentrasi surfaktan masih berada di bawah baku mutu akan tetapi dapat menyebabkan peningkatan fosfat di perairan dan dapat menghalangi difusi O_2 ke dalam air.

Besi (Fe).

Besi merupakan unsur paling penting dalam air permukaan dan air tanah. Untuk keperluan rumah tangga tidak diinginkan, karena dapat menimbulkan bekas karat pada pakaian. Pada konsentrasi Fe^{2+} yang tinggi dapat menimbulkan rasa tidak enak pada air minum. Kisaran kandungan Fe dalam air berkisar antara 0,01 mg/l – 0,08 mg/l. Kisaran ini cukup kecil dan masih bersifat alamiah karena secara umum sifat perairan di Kaltim mengandung kadar Fe yang tinggi dan biasanya apabila teroksidasi akan membentuk senyawa phirit. Pada tahun 2021, menunjukkan bahwa secara umum Fe belum memenuhi BM kelas I, II, III dan IV sedangkan pada tahun 2022 Fe belum memenuhi BM kelas I, II, III dan IV.

Logam Berat

Kandungan logam berat seperti Mangan (Mn), Kromium VI, (Cr+6), Timbal (Pb), dan Sianida (CN⁻) di sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu hasil pengukuran yang dilakukan pada Bulan September 2021 dan September 2021 yang ada dalam wilayah studi kadarnya masih cukup rendah bahkan ada yang tidak terdeteksi dan apabila dibandingkan dengan BML mengacu pada PP No 22 tahun 2021 dan Perda Kaltim No 2 Tahun 2011 masih memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. (Tabel 3.3 dan 3.4). Rendahnya kadar logam – logam yang diukur, selain karena sumber pencemar yang tidak ada, juga rendahnya pelapukan batuan yang terjadi secara alamiah.

***Escherichia Coli* dan Total Coliform**

Jenis mikroorganisme yang sangat mempengaruhi kualitas air adalah bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*). Bakteri ini merupakan salah satu bakteri yang tergolong *coliform* dan hidup secara normal di dalam kotoran manusia maupun hewan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah *Total coliform* pada sungai Mahakam segmen Mahakam ulu secara parsial belum memenuhi baku mutu, pada periode I (Juli 2022) ditetapkan pada kelas 1 (Perda Kaltim No. 2 Tahun 2011 dan PP No 22 Tahun 2021) stasiun tersebut adalah Stasiun 7, 8, 10, 11 dan 12, sedangkan *E.coli* relative memenuhi Baku mutu yang dipersyaratkan. Pada periode II (September 2022) *E.coli* belum memenuhi baku mutu terutama pada Stasiun 1,2,3,4,5,7 dan 13, sedangkan pada *Total coliform* terdapat di Stasiun 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 dan 13.

Keberadaan bakteri *E. coli* merupakan bioindikator dari berbagai bakteri lain yang bersifat patogen yang dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia, dan kondisi ini didukung oleh kualitas air (pH dan suhu air) yang memungkinkan bakteri *E. coli* berkembang biak secara baik di lingkungan perairan. Keberadaan *E. coli* merupakan indikator yang menunjukkan bahwa suatu perairan telah tercemar oleh kotoran manusia (Fardiaz, 1992).

Status Mutu Air

Status mutu air merupakan instrumen untuk menentukan apakah suatu sungai berada dalam kondisi cemar atau kondisi baik dalam waktu tertentu. Penentuan kondisi sungai tersebut dilakukan dengan membandingkan kualitas sungai dengan baku mutu air yang sudah ditetapkan. Apabila kualitas sungai tidak memenuhi atau lebih buruk dibandingkan dengan baku mutu air, maka sungai berada dalam kondisi cemar. Apabila kualitas sungai memenuhi atau lebih baik dibandingkan dengan baku mutu air, maka sungai berada dalam kondisi baik.

Apabila baku mutu air suatu sungai belum ditetapkan, maka penentuan status mutu air dilakukan berdasarkan pada kriteria mutu air. Kriteria mutu air kelas berapa yang dijadikan dasar dalam penentuan status mutu air tergantung pada sudah atau belum ditetapkannya kelas air dari sungai tersebut. Misalnya suatu sungai yang sudah ditetapkan kelas airnya sebagai kelas satu, penentuan sungai tersebut dalam kondisi cemar atau baik dilakukan dengan standar pada kriteria mutu air kelas satu. Pada sungai yang belum ditetapkan baku mutu airnya dan kelas airnya, penentuan status mutu air dilakukan berdasarkan pada kriteria mutu air kelas dua.

Penentuan status mutu air sungai berada dalam kondisi cemar atau baik memiliki konsekuensi yang berbeda bagi upaya pemerintah atau pemerintah daerah. Apabila status mutu air menunjukkan bahwa sungai berada dalam kondisi cemar, maka Pemerintah dan Pemerintah Daerah melakukan upaya penanggulangan pencemaran dan pemulihan kualitas air dengan menetapkan mutu atau kualitas air sasaran. Sedangkan apabila status mutu air menunjukkan bahwa sungai berada dalam kondisi baik, maka Pemerintah dan Pemerintah Daerah mempertahankan atau meningkatkan kualitas air.

Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan sistem nilai dari “US-EPA (Environmental Protection Agency)” dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas, yaitu :

- (1) Kelas A : baik sekali, skor = 0 --> memenuhi baku mutu
- (2) Kelas B : baik, skor = -1 s/d -10 --> cemar ringan
- (3) Kelas C : sedang, skor = -11 s/d -30 --> cemar sedang
- (4) Kelas D : buruk, skor \geq -31 --> cemar berat

Berdasarkan hasil perhitungan penentuan status mutu air dengan menggunakan metode STORET, maka diperoleh status mutu air pada Sungai Mahakam segmen Mahakam Ulu pada tahun 2018 tergolong tercemar ringan dengan rata – rata skor STORET adalah -1,5, dengan rincian Segmen 1 dan 2 : Sungai Mahakam – Tiong Ohang dan Sungai Mahakam – Long Pahangai dengan kondisi baik sekali, skor -10, status tercemar ringan. Sedangkan pada segmen 3 dan 4 yaitu pada sungai Mahakam – Ujoh Bilang dan Sungai Mahakam – Long Hubung kondisinya sedang, skor -2 dan -4 dengan status tercemar ringan. Pada tahun 2021 cenderung mengalami peningkatan menjadi cemar sedang dengan skor -28^{CS} hingga cemar berat dengan skor -42^{CB} status mutu terkecil adalah peruntukan kelas I. Segmen sungai Mahakam yang berstatus cemar sedang adalah Sungai Melaseh Kec. Long Pahangai, sedangkan yang berstatus cemar berat adalah: sungai mahakam (Kampung Long Pahangai), Sungai Pahangai Kec. Long Pahangai , Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohang) Kec. Long Apari , Sungai Muara Sebnut Kec. Long Bagun , Sungai Alan Kec. Long Bagun , Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang) Kec. Long Bagun , Sungai Long Melahan Kec. Long Bagun , Sungai Mahakam (Kampung Laham) Kec. Long Laham , Sungai Muara Ratah (Kampung, Damum Paroy) Kec. Long Laham , Sungai Mahakam (Kampung Datah Bilang) Kec. Long Hubung, dan Sungai Pari Kec. Long Hubung. Status mutu kualitas air pada tahun 2022 di Sungai Mahakam segmen Mahakam Hulu untuk peruntukan baku mutu air sungai kelas I (PP 22 Tahun 2021) berstatus cemar sedang berkisar antara -16^{CS} (Sungai Pahangai (Kampung Long Pahangai) dan Sungai Medang (Kec. Long Bagun) hingga -28^{CS} (Sungai Pari (Kampung Datah Bilang), sedangkan berstatus cemar berat berkisar antara -32^{CB} (Sungai Sebnut (Kampung Long Bagun) hingga -84^{CB} (Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai). Berdasarkan baku mutu Kelas II berstatus memenuhi baku mutu dengan nilai 0^{MB} ditemukan pada Sungai Melaseh (Kampung Long Pahangai), Sungai Pahangai (Kampung Long Pahangai), Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohang). Sungai Sebnut (Kampung Long Bagun), Sungai Alan (Kampung Long Bagun), Sungai Melahan (Kampung Long Melahan, Sungai Ratih kampung Damum Paroy), dan Sungai Medang (Kec. Long Bagun), berstatus cemar ringan (-2^{CR} hingga -8^{CR}) ditemukan pada Sungai Mahakam (kampung Datah Bilang), Sungai Pari (Kampung Datah Bilang) dan Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang) berstatus cemar ringan dengan skor -22^{CS} ditemukan pada Sungai Pataq (Kec. Long Bagun) dan skor -24^{CS} ditemukan pada Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai).

Peruntukan baku mutu kelas III (PP 22 Tahun 2021) di Sungai Mahakam segmen Mahakam Hulu secara parsial terdapat badan air sungai yang berstatus cemar sedang (-22^{CS}) ditemukan pada Sungai Pataq (Kec. Long Bagun) dan berstatus cemar ringan (-2^{CR}) ditemukan pada Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai), Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang) dan Sungai Pari (Kampung Datah Bilang), sedangkan sungai lainnya tercatat relative baik dengan status kualitas air memenuhi baku mutu. Peruntukan baku mutu kelas IV (PP 22 Tahun 2021) di Sungai Mahakam segmen Mahakam Hulu secara umum berstatus memenuhi baku mutu.

Adapun hasil perhitungan status mutu menurut metode Storet disajikan pada Tabel 4. Perhitungan status mutu air menurut storet disajikan dalam Lampiran.

Tabel 4. Status mutu air Sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu

No	Stasiun Penelitian	STORET			
		I	II	III	IV
1	Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai)	-84^{CB}	-24^{CS}	-2^{CR}	0^{MB}
2	Sungai Melaseh (Kampung Long Pahangai)	-20^{CS}	0^{MB}	0^{MB}	0^{MB}
3	Sungai Pahangai (Kampung Long Pahangai)	-16^{CS}	0^{MB}	0^{MB}	0^{MB}
4	Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohang)	-26^{CS}	0^{MB}	0^{MB}	0^{MB}
5	Sungai Sebnut (Kampung Long Bagun)	-32^{CB}	0^{MB}	0^{MB}	0^{MB}
6	Sungai Alan (Kampung Long Bagun)	-46^{CB}	0^{MB}	0^{MB}	0^{MB}
7	Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang)	-50^{CB}	-8^{CR}	-2^{CR}	0^{MB}
8	Sungai Melahan (Kampung Long Melahan)	-44^{CB}	0^{MB}	0^{MB}	0^{MB}
9	Sungai Mahakam (Kampung Laham)	-46^{CB}	-2^{CR}	0^{MB}	0^{MB}
10	Sungai Ratih (kampung Damum Paroy)	-22^{CS}	0^{MB}	0^{MB}	0^{MB}
11	Sungai Mahakam (kampung Datah Bilang)	-18^{CS}	-2^{CR}	0^{MB}	0^{MB}
12	Sungai Pari (Kampung Datah Bilang)	-28^{CS}	-6^{CR}	-2^{CR}	0^{MB}
13	Sungai Pataq (Kec. Long Bagun)	-48^{CB}	-22^{CS}	-22^{CS}	0^{MB}

No	Stasiun Penelitian	STORET			
		I	II	III	IV
14	Sungai Medang (Kec. Long Bagun)	-16 ^{CS}	0 ^{MB}	0 ^{MB}	0 ^{MB}

Sumber: Data Kualitas Air yang diolah, 2022

Keterangan :

- A = baik sekali, memenuhi baku mutu (MB)
- B = baik, tercemar ringan (CR)
- C = sedang, tercemar sedang (CS)
- D = buruk, tercemar berat (CB)

KESIMPULAN

Hasil penelitian kualitas air Sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu tergolong masih menunjukkan kualitas yang cukup baik. Hasil kajian mengenai air sungai Mahakam segmen Kabupaten Mahakam Ulu adalah sebagai berikut :

1. Secara umum profil dasar Sungai Mahakam Segmen Kabupaten Mahakam Ulu mulai dari ST I: Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai) sampai ST XIV: Sungai Medang (Kec. Long Bagun) menunjukkan kondisi yang cukup bervariasi. Perbedaan profil dasar sungai ini dapat dipahami, karena adanya perbedaan struktur keterjalannya tebing/jering maupun dasar sungai di masing-masing stasiun tersebut yang mungkin disebabkan oleh kondisi kerapatan vegetasi riparian dan batuan dasar Sungai Mahakam Segmen Mahakam Ulu.
2. Parameter kualitas air yang secara parsial belum memenuhi baku mutu kelas I sebanyak 6 parameter antara lain: TSS, BOD, COD, DO dan *Faecal coliform* serta *Total coliform*, sedangkan untuk kelas II, III dan IV semua parameter memenuhi baku mutu sesuai regulasi.
3. Pada tahun 2021 cenderung mengalami peningkatan menjadi Semar Sedang dengan skor -28CS hingga cemar berat dengan skor -42CB status mutu terkecuali adalah peruntukan kelas I. Segmen sungai Mahakam yang berstatus cemar sedang adalah Sungai Melaseh Kec. Long Pahangai, sedangkan yang berstatus cemar berat adalah: sungai mahakam (Kampung Long Pahangai), Sungai Pahangai Kec. Long Pahangai, Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohong) Kec. Long Apari, Sungai Muara Sebnut Kec. Long Bagun, Sungai Alan Kec. Long Bagun, Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang) Kec. Long Bagun, Sungai Long Melahan Kec. Long Bagun, Sungai Mahakam (Kampung Laham) Kec. Long Laham, Sungai Muara Ratah (Kampung, Damum Paroy) Kec. Long Laham, Sungai Mahakam (Kampung Datah Bilang) Kec. Long Hubung, dan Sungai Pari Kec. Long Hubung. Untuk status berdasarkan Kelas II, III dan IV menunjukkan bahwa sungai Mahakam Segmen Kabupaten Mahakam Ulu relative memenuhi baku mutu yang disyaratkan.
4. Status mutu kualitas air pada tahun 2022 di Sungai Mahakam segmen Mahakam Hulu untuk peruntukan baku mutu air sungai kelas I (PP 22 Tahun 2021) berstatus cemar sedang berkisar antara -16^{CS} (Sungai Pahangai (Kampung Long Pahangai) dan Sungai Medang (Kec. Long Bagun) hingga -28^{CS} (Sungai Pari (Kampung Datah Bilang), sedangkan berstatus cemar berat berkisar antara -32^{CB} (Sungai Sebnut (Kampung Long Bagun) hingga -84^{CB} (Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai)
5. Berdasarkan baku mutu Kelas II berstatus memenuhi baku mutu dengan nilai 0 MB ditemukan pada Sungai Melaseh (Kampung Long Pahangai), Sungai Pahangai (Kampung Long Pahangai), Sungai Mahakam (Kampung Tiong Ohang). Sungai Sebnut (Kampung Long Bagun), Sungai Alan (Kampung Long Bagun), Sungai Melahan (Kampung Long Melahan, Sungai Ratih kampung Damum Paroy), dan Sungai Medang (Kec. Long Bagun), berstatus cemar ringan (-2^{CR} hingga -8^{CR}) ditemukan pada Sungai Mahakam (kampung Datah Bilang), Sungai Pari (Kampung Datah Bilang) dan Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang) berstatus cemar ringan dengan skor -22^{CS} ditemukan pada Sungai Pataq (Kec. Long Bagun) dan skor -24^{CS} ditemukan pada Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai).
6. Peruntukan baku mutu kelas III (PP 22 Tahun 2021) di Sungai Mahakam segmen Mahakam Hulu secara parsial terdapat badan air sungai yang berstatus cemar sedang (-22^{CS}) ditemukan pada Sungai Pataq (Kec. Long Bagun) dan berstatus cemar ringan (-2^{CR}) ditemukan pada Sungai Mahakam (Kampung Long Pahangai), Sungai Mahakam (Kampung Ujoh Bilang) dan Sungai Pari (Kampung Datah Bilang), sedangkan sungai lainnya tercatat relative baik dengan status kualitas air memenuhi baku mutu. Peruntukan baku mutu kelas IV (PP 22 Tahun 2021) di Sungai Mahakam segmen Mahakam Hulu secara umum berstatus memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arsyad, S. (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor.
- [2] Arsyad, S. (2006). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor.
- [3] Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press, Yogyakarta.
- [4] Brinkman, R. dan Smith, A.J. (1979). Land evaluation for rural purpose. ILRI Publ. No. 17. Wageningen.
- [5] Buringh, P. (1993). *Pengantar Pengajian Tanah-Tanah Wilayah Tropik dan Subtropik*. Penerjemah T., Notohadiprawiro. UGM Press, Yogyakarta.
- [6] De Santo, R.S. (1978). *Concept of applied ecology*. Springer-Verlag, New York.
- [7] Effendi, H. (2000). *Telaah Kualitas air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta
- [8] Hakim, H. A., M. Y. Nyakpa., A. M. Lubis., S. G. Nugroho., M. R. Saul., M. A. Diha., G. B. Hong., H. H. Bailey. (1986). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Lampung Press, Lampung.
- [9] ILRI. (1977). *Framework for land evaluation*. Inter. Land Recl. Improv. Wageningen
- [10] Ilyas, S. *et.al.* (1990). *Petunjuk Teknis Pengelolaan Perairan Umum bagi Pembangunan Perikanan No. PHP/KAN/09/1990*. badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 80 pp.
- [11] Martin, G.L. (1970). *Introduction. Proc. Symp. Interdisc. Ascept Watershed Man. Mon. State Univ. h. 1-2. Amer. Soc. Civ. E. New York.*
- [12] Munir, M. (1996). *Geologi dan Mineralogi Tanah*. Pustaka Jaya, Jakarta.
- [13] Odum, E. P. (1994). *Dasar-Dasar Ekologi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 697 hal.
- [14] Rahim, S. E. (2000). *Pengendalian Erosi Tanah*. Bumi Aksara, Jakarta.
- [15] Utomo, AD., dan Asyari. (1999). Peran ekosistem hutan rawa air tawar bagi kelestarian sumberdaya perikanan di sungai Kapuas Kalimantan Barat. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. Puslitbang Perikanan Jakarta. Vol: 3 : 1-13.*
- [16] Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, R.R. Sedel, & C.E. Cushing. (1980). The River Continuum Concept. *Can. Journal. Fish Aquat.Sci, 37: 130-137*
- [17] Voss, F. (1983). *Kalimantan Timur, Atlas*. HWWA Institute. Hamburg.
- [18] Waryono, T. (2002). *Makalah Sidang-II (Geografi Fisik), Seminar dan Kongres Geografi Nasional*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [19] Welcomme, R.L. (1979). *Fisheries Ecology of Floodplain Rivers*. Longman, New York, USA, p. 50-53