

KUALITAS AIR PADA DAS BUGIS DAN DAS WAIN DI KAWASAN HUTAN LINDUNG SUNGAI WAIN BALIKPAPAN

Sri Sarminah¹, Dyna Raya Anugerah¹, Marlon Ivanhoe Aipassa¹ dan Agusdin²

¹Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua, Jl. Ki Hajar Dewantara, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia 75119 Tel. +62-541-35089 Fax. +62-541-732146

² Yayasan Pro Natura Pengelola Hutan Lindung Sungai Wain, Balikpapan, Kalimantan Timur

*E-mail: ssarminah@fahutan.unmul.ac.id

Artikel diterima : 4 Oktober 2020. Revisi diterima : 7 Oktober 2020

ABSTRACT

The function of the Sungai Wain Protection Forest as a catchment area for Balikpapan and to be monitored periodically by focusing on water quality to see the sustainability of the hydrological function of the Sungai Wain Protection Forest. This study aims to determine the latest water quality conditions in terms of physical, chemical and biological properties in the DAS Bugis and DAS Wain. Analysis of water sample was conducted at the Water Quality Laboratory of the Department of Aquatic Resources and Fisheries and Marine Sciences, Mulawarman University, Samarinda. Data analysis refers to the Water Quality Standards based on East Kalimantan Regional Government Regulation No. 02/2011 about Management of Water Quality and Water Pollution Control. The results showed that the parameters of temperature, colour, TSS, TDS, BOD₅, SO₄ and NO₃ were included in the Class I water quality standards that can be used as drinking water or for other consumption purposes. COD parameters (in the Right River Basin), DO and NH₃ (in the River Basin) were included in Class II water quality standards, which can be used for water recreation infrastructure / facilities, freshwater fish farming, animal husbandry and plants irrigation. The pH parameters in the DAS Bugis were included in class IV water quality standards that can only be used to irrigate plants. Pollutant loads that contribute a lot to enter were agricultural and agricultural waste and domestic waste originating from community forest areas.

Keywords : Watershed, water quality, water quality standards, pollutant loads.

ABSTRAK

Fungsi Hutan Lindung Sungai Wain sebagai daerah tangkapan air bagi kota Balikpapan perlu dimonitoring secara berkala dengan menitikberatkan pada kualitas air untuk keberlanjutan fungsi hidrologis Hutan Lindung Sungai Wain. Tujuan penelitian untuk mengetahui kualitas air terkini yang ditinjau dari sifat fisik, kimia dan biologi di DAS Bugis dan DAS Wain Kawasan Hutan Lindung Sungai Wain Balikpapan. Analisis sampel air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman Samarinda. Analisis data mengacu pada Standar Baku Mutu Air Peraturan Pemerintah Daerah Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk parameter suhu, warna, TSS, TDS, BOD₅, SO₄ dan NO₃ dinyatakan masuk dalam baku mutu air kelas I yaitu dapat digunakan sebagai air minum atau untuk keperluan konsumsi lainnya. Parameter COD (Sub DAS Wain Kanan), DO dan NH₃ (DAS Wain) masuk dalam baku mutu air kelas II yaitu dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan mengairi tanaman. Parameter pH pada DAS Bugis masuk dalam baku mutu air kelas IV yaitu hanya dapat digunakan untuk mengairi tanaman. Beban pencemar yang banyak berkontribusi masuk adalah limbah pertanian dan perladangan serta limbah domestik yang berasal dari areal hutan kemasyarakatan.

Kata Kunci : Daerah Aliran Sungai, kualitas air, standar baku mutu air, beban pencemar.

PENDAHULUAN

Hutan lindung merupakan hutan yang dilindungi keberadaannya karena berperan penting menjaga ekosistem. Hutan yang berfungsi sebagai pelindung merupakan kawasan yang keadaan alamnya diperuntukan sebagai pengatur tata air, pencegah banjir, erosi dan pemeliharaan kesuburan tanah. Kondisi hutan yang memiliki

pengaruh baik dalam pengaturan tata air adalah hutan dengan struktur tajuk berlapis (Chay, 2010). Kondisi hutan tersebut dapat dijumpai pada kawasan hutan lindung/konservasi yang ideal. Hutan lindung dan hutan konservasi yang dipertahankan di sekitar badan air/sumber mata air dapat menjaga kontinuitas air dan memperbaiki kualitas air sungai (Supangat, 2013).

Air sungai, mata air, danau, dan air rawa yang termasuk air permukaan, ketersediaannya sangat

tergantung pada keadaan sumber air dan daerah aliran sungai (DAS). Walaupun air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui, tetapi air akan dengan mudah terkontaminasi oleh aktivitas manusia. Ketersediaan sumber daya air untuk suatu peruntukan sangat tergantung pada kualitas sumber daya air tersebut. Kualitas air yang baik akan mengakomodasi kegiatan usaha atau pembangunan yang lebih beragam, seperti suplai air untuk kebutuhan domestik, pertanian, perikanan, industri maupun rekreasi.

Hutan Lindung Sungai Wain (HLSW) pada mulanya dikenal sebagai “Hutan Tutupan” yang ditetapkan oleh Sultan Kutai pada Tahun 1934 dengan Surat Keputusan Pemerintah Kerajaan Kutai No.48/23-ZB-1934 sebagai Hutan Lindung. Kawasan HLSW terletak antara Balikpapan dan Samarinda, sekitar 40 km dari Balikpapan. HLSW merupakan kombinasi antara hutan primer (hutan asli) dan hutan sekunder (hutan buatan pengganti hutan yang terbakar ditahun 1997/1998). Terdapat dua Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) di HLSW, yaitu DAS Bugis dan DAS Wain yang menjadikan kawasan ini sangat potensial untuk dikelola sebagai daerah tangkapan air bagi Kota Balikpapan.

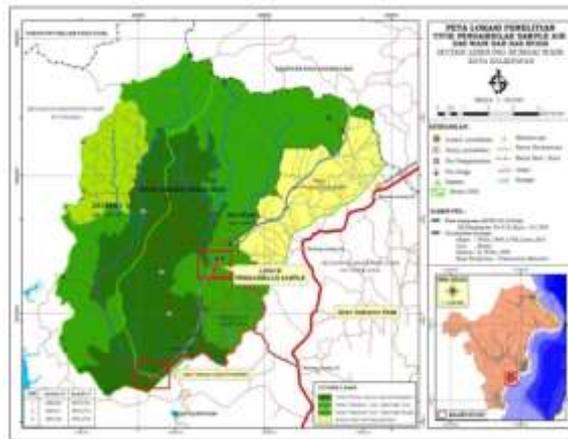
Kawasan HLSW bermanfaat sebagai daerah tangkapan air yang digunakan masyarakat dan para penduduk yang berada di sekitar hutan, sejak 52 tahun yang lalu telah digunakan sebagai tempat pengolahan dan persediaan air yang digunakan untuk suplai industri minyak di kota Balikpapan. Sejak tahun 1969 air tawar ini digunakan oleh perusahaan minyak nasional yang sejak tahun 1972 hingga sekarang dinamakan Pertamina. Air tawar tersebut dikumpulkan dari sungai-sungai yang berada di dalam dan sekitar hutan lindung yang mengalir ke waduk dan untuk selanjutnya dipompa instalasi penampungan di kota Balikpapan untuk dimanfaatkan pada kegiatan industri, sebagai bahan baku air minum para karyawan Pertamina, pembangkit tenaga listrik (tenaga uap) kilang minyak dan untuk memompa minyak serta digunakan untuk

mendinginkan instalasi kilang minyak. Hingga saat ini kilang-kilang minyak Pertamina di Balikpapan yang menghasilkan produksi minyak total nasional, sebagian besar masih tergantung pada air bersih yang berasal dari HLSW. Selain itu, HLSW merupakan kawasan tangkapan air utama yang mampu menyediakan dan memenuhi hampir 40 % kebutuhan air bersih masyarakat Balikpapan, hal ini menunjukkan sebuah kepentingan ekonomi besar dari sebuah suplai air yang tidak pernah terhenti dari kawasan tangkapan air HLSW.

Beberapa penelitian terdahulu tentang kualitas air di HLSW Kalimantan Timur telah banyak dilaporkan (Iwied, 2002; Aji, 2013; Nitasha dan Margaretha, 2017), namun penelitian terbaru untuk kualitas air di HLSW belum dilakukan. Sehubungan dengan hal tersebut diatas, fungsi HLSW sebagai daerah tangkapan air bagi Kota Balikpapan perlu di monitoring secara berkala. Penelitian ini menitikberatkan pada kualitas air untuk melihat keberlanjutan fungsi hidrologis Hutan Lindung Sungai Wain. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kualitas air terkini yang ditinjau dari sifat fisik dan kimia air pada periode sebelum dan setelah hujan di DAS Bugis dan DAS Wain kawasan Hutan Lindung Sungai Wain Balikpapan. Hasil penelitian harapannya dapat dijadikan sebagai bahan masukan dalam upaya pemantauan kondisi kualitas air dan sebagai informasi bagi masyarakat setempat maupun instansi terkait selaku pengambil kebijakan dalam pengelolaan lingkungan tentang kondisi air Hutan Lindung Sungai Wain Balikpapan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Hutan Lindung Sungai Wain Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi pengambilan sampel air di lakukan pada DAS Bugis dan DAS Wain. Peta lokasi penelitian titik pengambilan sampel air DAS HLSW Kota Balikpapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian titik pengambilan sampel air DAS HLSW Kota Balikpapan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : tongkat berskala, tabung/botol sampel, GPS, meteran, tali dan beban pemberat, kamera serta bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air.

Prosedur Penelitian

a. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Pada setiap lokasi pengambilan sampel diambil satu titik pada bagian badan air yang cukup dalam pada $0,5 \times$ kedalaman dari permukaan air. Pengambilan sampel diusahakan agar tidak mengganggu sedimen dan lapisan permukaan air.

b. Frekuensi Pengambilan Sampel

Penentuan pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 (dua) kali pengulangan, yaitu pada periode sebelum dan sesudah hujan di tiga titik lokasi yang telah ditentukan. Volume sampel harus cukup untuk berbagai keperluan termasuk analisis pendahuluan dan ulangan ± 1500 ml.

c. Pengumpulan Data Primer

Data primer yang dikumpulkan berupa identifikasi jenis disekitar titik pengambilan sampel dan mengambil sampel air untuk dianalisis laboratorium berupa sifat fisik dan kimia air. Parameter-parameter kualitas air yang di analisis laboratorium seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter-parameter kualitas air yang dianalisis di Laboratorium

No.	Parameter	Satuan	Metode
A. Parameter Fisika			
1.	Suhu	°C	Expansion
2.	Warna	Pt/Co	Spectropotometer
3.	Total Suspended Soil (TSS)	Mg/l	Gravimeter
4.	Total Dissolved Soil (TDS)	Mg/l	Gravimeter
B. Parameter Kimia			
1.	pH	-	Electrometer
2.	Dissolved Oxygen (DO)	Mg/l	Electrometer
3.	Biological Oxygen Demand (BOD)	Mg/l	Winkler
4.	Chemical Oxygen Demand (COD)	Mg/l	Titrimeter
5.	Sulfat (SO ₄)	Mg/l	Titrimeter
6.	Nitrat (NO ₃)	Mg/l	Spektrofotometer
7.	Amoniak (NH ₃)	Mg/l	Spektrofotometer

d. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder pendukung penelitian antara lain: peta DAS HLSW, peta jenis tanah, peta kelas kelerengan, peta penutupan lahan, dan data curah hujan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Balikpapan.

e. Analisis Laboratorium

Beberapa parameter kualitas air fisik, kimia dan biologi dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman Samarinda.

f. Pengolahan Data

Data hasil analisa laboratorium diolah secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif dengan mengacu kepada Standar Baku Mutu Air berdasarkan Peraturan Pemerintah Daerah Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air serta dikaitkan dengan tutupan lahan dan kondisi lainnya di DAS Bugis dan DAS Wain kawasan Hutan Lindung Sungai Wain Balikpapan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Biogeofisik Hutan Lindung Sungai Wain

Hutan Lindung Sungai Wain (HLSW) secara administratif Pemerintahan terletak di Kelurahan Karang Joang Kecamatan Balikpapan Utara dan Kelurahan Kariangau Kecamatan Balikpapan Barat Kotamadya Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur. Kawasan ini mempunyai 2 Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu: DAS Bugis dan DAS Wain. Secara geografis HLSW Balikpapan terletak antara 116°47' - 116°55' Bujur Timur dan 01°02' - 01°10' Lintang Selatan, dengan luas kawasan ± 9.782,80 ha.

Hutan Lindung Sungai Wain merupakan tipe hutan Dipterocarpa dataran rendah. Jenis vegetasi adalah vegetasi hutan, semak belukar, rawa, vegetasi budidaya kehutanan dan vegetasi budidaya non-kehutanan seperti ladang dan perkebunan masyarakat. Vegetasi yang terdapat pada Hutan Lindung Sungai Wain adalah

bangkirai (*Shorea laevis*), ulin (*Eusideroxylon zwageri*), medang (*Litsea firma*), keruing (*Dipterocarpus cornutus*), Meranti merah (*Shorea leprosula*), Nyatoh (*Palaquium* sp), Jambu (*Syzigium* sp), rotan (*Calamus rotang*), pandan (*Pandanus amaryllifolius*), palawan (*Tristaniopsis whiteana*), dan siri-siri (*Ptenandra rostrate*) (Purwanto dan Bambang, 2009). Adapun jenis tumbuhan yang ditanam pada kawasan Hutan Kemasyarakatan antara lain singkong (*Manihot esculenta*), karet (*Hevea brasiliensis*), durian (*Durio macrophyllus*), kerantungan (*Durio oxleyanus*), lai (*Durio kutejensis*), manggis (*Garcinia mangostana*), keledang (*Artocarpus lanceifolius*), dan cempedak (*Artocarpus integer*) (Solehudin, 2015).

Berdasarkan data curah hujan yang tercatat pada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Balikpapan dari Tahun 2009-2018 dan berdasarkan sistem klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson (1951), bahwa wilayah HLSW termasuk dalam tipe iklim A dengan nilai $0 < Q < 14,3\%$ yaitu $Q = 5,71\%$, dimana wilayah ini memiliki curah hujan merata sepanjang tahun dan termasuk daerah sangat basah. Suhu udara berkisar antara 23,5°C – 30,3°C.

Kondisi Topografi berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Peta Kelas Kelerengan Skala 1 : 50.000, kawasan HLSW secara umum memiliki topografi datar sampai dengan curam terletak pada ketinggian 10 – 80 m dpl. Gambaran kondisi topografi wilayah DAS HLSW dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Kondisi topografi – kelas kelerengan wilayah DAS HLSW

No.	Kelas Kelerengan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Datar (0 – 8 %)	7.722	78,9
2.	Landai (8 – 15 %)	1.971	20,1
3.	Curam (25 – 40 %)	89	0,9
	Jumlah	9.782	100

Sumber : Badan Pengelola HLSW (2016).

Berdasarkan Peta Jenis Tanah skala 1 : 50.000 dapat diketahui bahwa HLSW memiliki 3 (tiga)

jenis tanah seperti disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Jenis tanah Hutan Lindung Sungai Wain

No.	Jenis Tanah	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Alluvial Deposits	1.661	17,0
2.	Tanah Pasir	2.668	27,3
3.	Podsolik Merah Kuning	5.453	55,7
	Jumlah	9.782	100

Sumber : Badan Pengelola HLSW (2016).

Berdasarkan data diatas diketahui bahwa kawasan HLSW didominasi oleh tanah Podsolik Merah Kuning (PMK) sebesar 55,7 %, jenis tanah ini termasuk dalam golongan tanah mineral masam, hal ini dapat dilihat dari ciri-ciri fisiknya yaitu; warna gelap kecoklatan dengan ketebalan ± 20 cm, > 20 cm warna tanah menjadi kuning terang dan berpasir, ketebalan lapisan atas/seresah ± 2-3 cm. (Oksana, dkk. 2012).

Penutupan Lahan

Penutupan lahan khususnya vegetasi pada suatu kawasan memiliki peranan penting dalam melindungi permukaan terhadap limpasan permukaan dan bahaya erosi. Sri, dkk. (2015), menyebutkan vegetasi membantu dalam meningkatkan butir-butir tanah sehingga mengurangi laju erosi pada kawasan tersebut. Pada lahan yang tidak memiliki penutupan

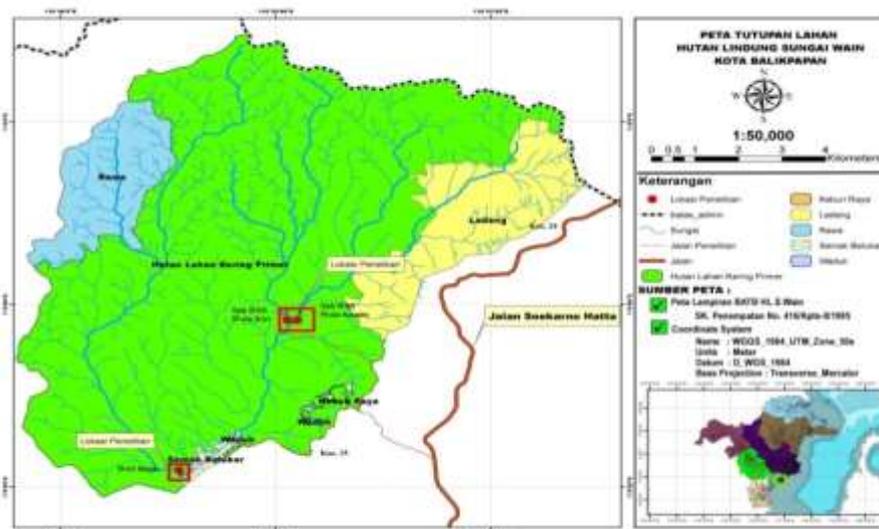
vegetasi serta dengan kondisi kelerengan lahan yang relatif curam, maka air hujan akan jatuh secara langsung ke permukaan tanah dengan energi serta kecepatan penghancuran dan penghanyutan yang besar.

Gangguan penutupan lahan pada DAS Wain terjadi akibat kegiatan perambahan hutan dan lahan serta bencana kebakaran. Gangguan tersebut dapat menyebabkan luasan lahan berhutan menjadi berkurang dan menimbulkan penambahan luasan lahan non produktif yang berupa lahan alang-alang, rawa maupun semak belukar. Ketika hutan yang merupakan vegetasi klimaks yang asli dan alami rusak, baik melalui penebangan, perladangan berpindah maupun kebakaran, seringkali akan tergantikan oleh alang-alang. Adapun jenis penutupan lahan wilayah HLSW dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 2.

Tabel 4. Tutupan lahan HLSW

No.	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Hutan Primer	7.803,52	79,30
2	Ladang	1.164,66	11,84
3	Kebun Raya	9,307	0,09
4	Rawa	790,58	8,03
5	Semak Belukar	55,17	0,56
6	Tubuh Air	17,01	0,17
	Jumlah	9.782	100%

Sumber: Badan Pengelola HLSW (2016).



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan HLSW Kota Balikpapan.

Aktivitas Hutan Kemasyarakatan (HKm)

Bagi masyarakat kota Balikpapan, Hutan Lindung Sungai Wain memegang peranan penting

sebagai daerah tangkapan air, perlindungan keanekaragaman hayati, laboratorium alam, pendidikan dan pelatihan, serta ekowisata. Dalam rangka penataan dan pemanfaatan kawasan

HLSW maka kawasan terbagi menjadi 3 blok, yaitu : Blok Perlindungan, Blok Kegiatan Terbatas dan Blok Pemanfaatan (Solehudin, 2015).

Kegiatan penggunaan kawasan oleh masyarakat dilaksanakan pada blok pemanfaatan dan kegiatan terbatas. Penetapan areal kerja Hutan Kemasyarakatan (HKm) dituangkan dalam Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor : SK. 129/Menhut-II/2011 Tanggal 23 Maret 2011 tentang Penetapan Areal Kerja Hutan Kemasyarakatan seluas ± 1.400 Ha yang

seluruhnya merupakan Hutan Lindung di Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. Pemberian izin usaha pemanfaatan Hutan Kemasyarakatan (IUPHKM) oleh Walikota Balikpapan kepada kelompok-kelompok masyarakat yang berdomisili di sekitar kawasan HLSW, Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara dengan ketentuan maksimal 15 hektar per kepala keluarga.

Dalam tata kelola, areal kerja Hkm dibagi ke dalam zona-zona sebagaimana Tabel 5.

Tabel 5. Alokasi Peruntukan Pengelolaan Hkm HLSW (1.400 Ha)

Zona	Peruntukan	Luas Area	Kebutuhan Jenis Tanaman	Ket.
I	Border Area/Batas zona Inti HLSW dan HKm	14 Km (14000m)	Lai, durian, krantungan, lahung, manggis, aren, rambai, langsung, kledang, kemiri, cempedak	
II	Zona Pemanfaatan Area HKm			
	Tanaman Buah Jangka Panjang (buah-buahan local produktif)	420 Ha	Lai, durian, krantungan, lahung, manggis, aren, rambai, langsung, kledang, kemiri, cempedak	30 %
	Tanaman Perkebunan	560 Ha	Karet	40 %
	Tanaman Semusim	70 Ha	Padi gunung, palawija, sayur, dll	5 %
	Lain-lain	70 Ha	Perikanan, tanaman obat, lebah madu, jamur tiram	5 %
III	Zona Perlindungan (sungai & anak sungai)	280 Ha	Lai, durian, krantungan, lahung, manggis, aren, rambai, langsung, kledang, kemiri, cempedak	20 %
	224 HA			
	Total	1.400 Ha		100 %

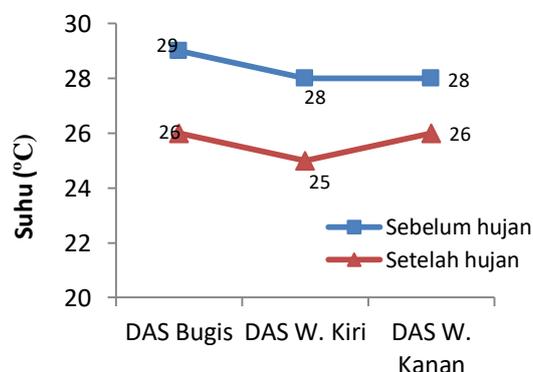
Sumber : Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: 129/Menhut-II/2011.

Kualitas Air

1. Parameter Fisik

a. Suhu (*Temperatur*)

Suhu air secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel DAS HLSW pada waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Suhu air DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

Air yang baik harus memiliki suhu yang sama dengan suhu udara (20°C - 30°C). Air yang sudah tercemar mempunyai suhu di atas atau dibawah suhu udara (Hasrianti dan Nurasia, 2016). Suhu

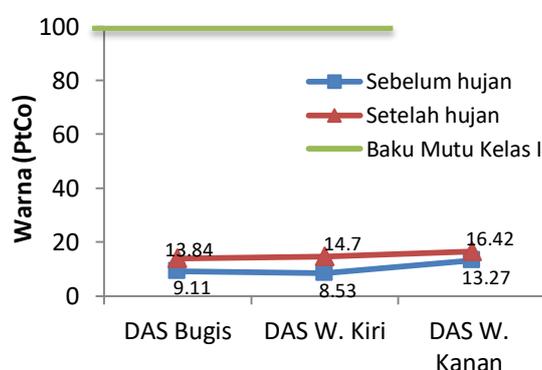
air dapat berbeda-beda sesuai dengan kondisi iklim, waktu pada saat pengambilan sampel air, dan kondisi lapangan DAS HLSW dimana di sekitar kawasan tersebut terdapat hutan rawa

maupun hutan kemasyarakatan yang dapat mempengaruhi tingkat suhu air. Suhu air berkisar antara 25°C - 29°C yang pada dasarnya masih dalam keadaan normal. Suhu tertinggi berada pada Sub DAS Bugis yang mencapai 29°C pada saat sebelum hujan dan 26°C saat setelah hujan. Hal itu disebabkan oleh intensitas sinar matahari yang masuk ke badan air Das Bugis cukup tinggi karena daerah cukup terbuka dan terkena sinar matahari langsung. Intensitas paparan radiasi sinar matahari yang masuk ke badan air serta kerapatan vegetasi di sekitar bantaran sungai juga mempengaruhi suhu air sungai. Semakin banyak intensitas radiasi sinar matahari yang mengenai

badan air maka akan membuat suhu air sungai akan semakin tinggi. Vegetasi mempunyai fungsi ekologi antara lain sebagai pengatur suhu dan kelembaban udara, pemasok oksigen, penyerap CO₂ (Euthalia, 2008). Tingginya nilai suhu pada saat sebelum hujan, dikarenakan semakin lama matahari memberikan sinarnya maka makin banyak panas yang diterima dan suhunya semakin tinggi.

b. Warna

Warna air DAS HLSW secara keseluruhan sebelum hujan dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 4.



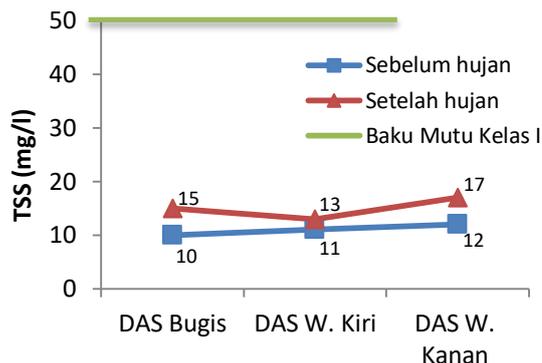
Gambar 4. Warna air DAS Bugis dan DAS WainHLSW

Walaupun dalam kondisi tidak terpolusi warna air tidak selalu jernih, namun biasanya air yang terpolusi memiliki warna tidak normal yang disebabkan oleh adanya bahan-bahan terlarut dan bahan-bahan tersuspensi, termasuk yang bersifat koloid (Srikandi, 1992). Warna dengan nilai tertinggi terdapat pada Sub DAS Wain Kanan yaitu 13,27 PtCo untuk waktu sebelum hujan dan 16,42 PtCo untuk waktu setelah hujan. Hal ini disebabkan Sub DAS Wain Kanan merupakan kawasan dekat dengan areal hutan kemasyarakatan dimana terdapatnya lahan pertanian yang menghasilkan limbah pertanian seperti dekomposisi bahan organik dan penggunaan pestisida yang dapat mempengaruhi warna air. Tingginya tingkat warna pada saat setelah hujan diperkirakan karena air hujan yang jatuh akan mengalir pada permukaan lahan

sebagai air limpasan permukaan yang membawa bahan-bahan tersuspensi seperti pasir dan lumpur sebagai akibat dari terjadinya erosi dan sedimentasi yang masuk kedalam badan sungai yang menyebabkan warna air berubah. Warna air pada DAS HLSW berkisar antara 8,53 PtCo – 16,42 PtCo. Berdasarkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011, kondisi tersebut sesuai dengan standar baku mutu air yaitu 100 PtCo (kelas I) dapat digunakan sebagai air minum atau untuk keperluan konsumsi lainnya.

c. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel pada DAS HLSW waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 5.



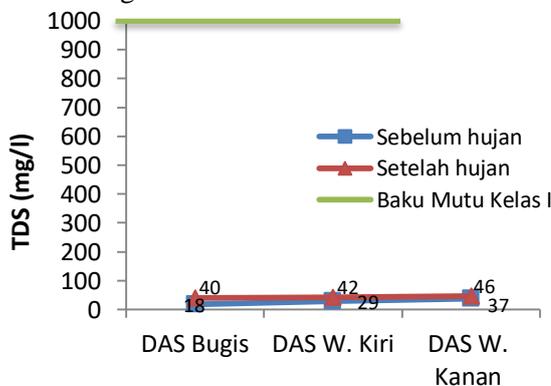
Gambar 5. Total Suspended Solid DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen. Selain itu humus, lumpur, bahan koloid, organik, tumbuhan dan fitoplankton juga dapat meningkatkan tahap kekeruhan air (Nanda, 2014). Meskipun tidak bersifat toksik, bahan tersuspensi yang berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Hefni, 2003). TSS tertinggi terdapat pada Sub DAS Wain Kanan yaitu 12 mg/l untuk

waktu sebelum hujan dan 17 mg/l untuk waktu setelah hujan. Hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas pembukaan lahan dan pengikisan tanah yang terdapat pada areal Hutan Kemasyarakatan. Tingginya nilai TSS pada waktu setelah hujan dikarenakan masukan beban pencemaran yang berasal dari limbah rumah tangga/domestik, industri dan pertanian ke dalam badan air sungai pada saat hujan. TSS berkisar antara 10 mg/l – 17 mg/l (kelas I).

d. Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid secara keseluruhan waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Total Dissolved Solid DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

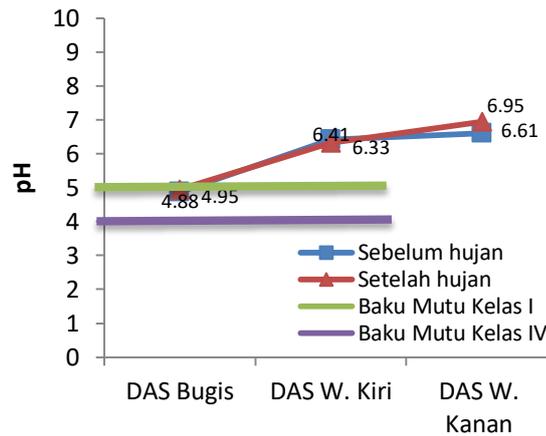
TDS sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik (berupa limbah organik dan industri). TDS tidak bersifat toksik pada perairan alami, tetapi sedikit mempengaruhi proses fotosintesis bila jumlahnya berlebihan (Hefni, 2003). Padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang larut air, mineral dan garam-garamnya (Srikandi,

1995). TDS pada DAS HLSW sebelum dan setelah hujan berkisar antara 18 mg/l – 46 mg/l. Dengan nilai kandungan TDS tertinggi berada pada Sub DAS Wain Kanan, yakni 37 mg/l pada waktu sebelum hujan dan 46,0 mg/l waktu setelah hujan (kelas I).

2. Parameter Kimia

a. pH

Derajat keasaman (pH) air sebelum dan setelah hujan pada DAS HLSW disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. pH Air DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

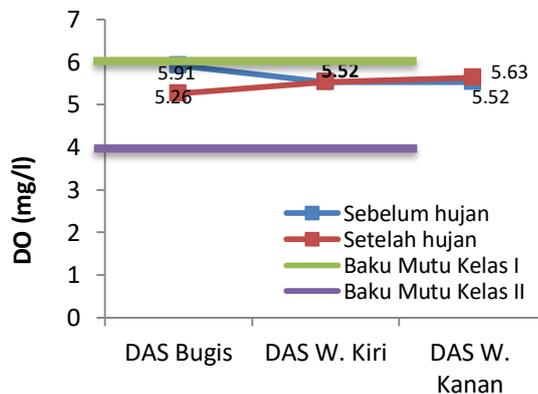
Nilai pH yang lebih rendah (<4), sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Rendahnya nilai pH mengindikasikan menurunnya kualitas perairan yang pada akhirnya berdampak terhadap kehidupan biota di dalamnya. Terjadinya perubahan ini akan membunuh biota yang paling peka sekalipun, karena jaringan makanan dalam perairan terganggu (Tjutju, 2009). Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O₂ maupun CO₂. Umumnya pada perairan dengan tingkat pH ≤ 4,8 dan ≥ 9,2 sudah dapat dianggap tercemar (Chay, 2010).

Berdasarkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011, hasil

pengukuran pH menunjukkan kondisi Sub DAS Wain Kanan dan Sub DAS Wain Kiri memenuhi persyaratan standar baku mutu air kelas I. Sedangkan pada Sub DAS Bugis masuk kedalam baku mutu kelas IV yakni hanya dapat digunakan untuk mengairi tanaman, hal ini disebabkan karena tutupan lahan berupa rawa, dimana air mengandung senyawa zat organik terlarut yang menyebabkan air menjadi warna coklat dan bersifat asam.

b. *Dissolved Oxygen (DO)*

Dissolved Oxygen secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel DAS HLSW pada waktu sebelum dan setelah hujan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Dissolved Oxygen (DO)* DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

DO atau oksigen terlarut adalah gas oksigen yang terlarut dalam air, merupakan faktor penting sebagai pengatur metabolisme (respirasi) untuk tumbuh dan berkembang biak. Oksigen yang cukup adalah penting bagi kegiatan biologi secara normal di dalam badan air sehingga terlihat kaitannya terhadap BOD dan COD dalam proses purifikasi itu sendiri.

Kawasan DAS HLSW memiliki konsentrasi oksigen terlarut berkisar antara 5,52 mg/l – 5,91

mg/l. Dari ketiga kawasan penelitian didapat hasil dimana tingkat DO terendah pada Sub DAS Wain Kiri dan tertinggi pada Sub DAS Bugis. Sebab-sebab terganggunya pergerakan air di kawasan hutan yakni aliran-aliran sungai biasanya memiliki aliran air yang cukup baik namun dibeberapa bagian sungai terdapat batang pohon mati yang jatuh ke aliran sungai yang menahan kotoran berupa serasah, daun, ranting dan bahan-bahan lain sehingga menyebabkan terganggunya pergerakan air. Berhentinya aliran air akan

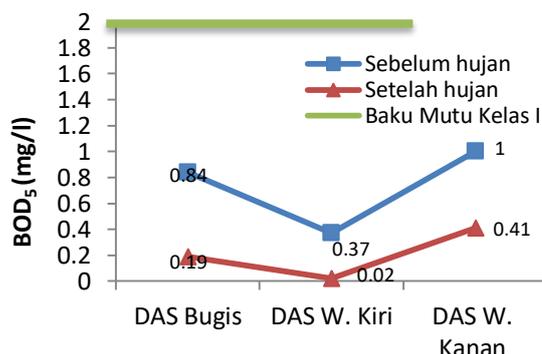
menyebabkan DO yang rendah daripada air yang mengalir, dimana proses air bercampur dengan oksigen bisa terjadi. Faktor lainnya adalah proses respirasi tumbuh-tumbuhan, binatang, bakteri dan alga serta fotosintesis tumbuh-tumbuhan. Proses fotosintesis dari tumbuh-tumbuhan adalah proses dimana sesungguhnya juga dapat menghasilkan oksigen.

Berdasarkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011, menunjukkan kondisi DAS HLSW memenuhi persyaratan standar baku mutu air kelas II. Tinggi

nilai DO pada DAS HLSW dapat disebabkan oleh tingginya kekeruhan pada air sungai akibat bahan buangan limbah dari kegiatan hutan kemasyarakatan yang sebagian besar terdiri dari bahan-bahan organik.

c. *Biological Oxygen Demand (BOD₅)*

BOD₅ air secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel DAS HLSW pada waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 9.



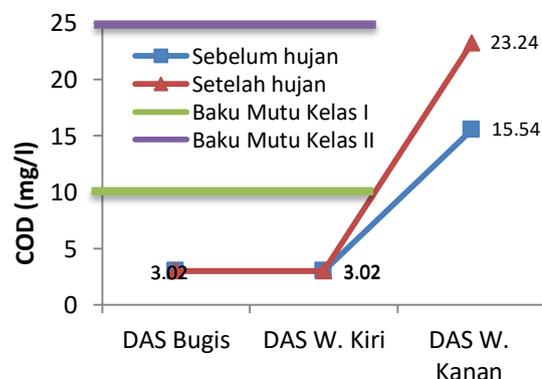
Gambar 9. BOD₅ DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

Konsentrasi BOD₅ berhubungan dengan proses dekomposisi khususnya terhadap sampah atau kotoran yang tergolong organik, yang menyebabkan beberapa jenis bakteri membutuhkan oksigen dalam air untuk melakukan proses aerobiknya. Makin besar konsentrasi BOD suatu perairan, menunjukan konsentrasi bahan organik di dalam air juga tinggi (Satmoko, 2010). Secara alami terdapat organisme-organisme yang dapat melakukan proses dekomposisi terhadap bahan-bahan yang masuk ke dalam air. Adanya oksigen terlarut dalam air akan membantu

organisme tersebut dalam melakukan kegiatannya. Proses dekomposisi ini dilakukan secara biologis dengan menggunakan oksigen sehingga dinamakan kebutuhan oksigen. Nilai BOD₅ DAS HLSW berkisar 0,02 mg/l – 1,0 mg/l (kelas I).

d. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD air secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel DAS HLSW pada waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Chemical Oxygen Demand (COD) DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

Parameter COD menggambarkan kebutuhan oksigen untuk peruraian bahan organik secara kimiawi dan mengakibatkan berkurangnya

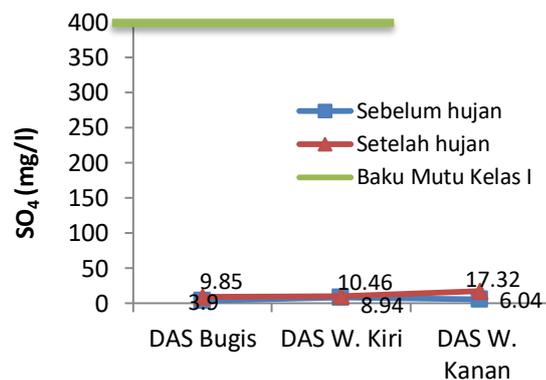
oksigen terlarut (DO) dalam air. Parameter COD merupakan salah satu indikator pencemaran yang disebabkan oleh limbah organik. Adapun unsur kimia yang diukur adalah jumlah oksigen yang

dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik pada sampel. Hasil pengukuran rata-rata parameter COD berkisar antara 3,02 mg/l – 23,24 mg/l (kelas II). Nilai tertinggi berada pada Sub DAS Wain Kanan yaitu 15,54 mg/l untuk waktu sebelum hujan dan 23,24 mg/l waktu setelah hujan, hal ini dikarenakan banyaknya senyawa kimia yang berasal dari limbah domestik dan

limbah industri pertanian dari kegiatan hutan kemasyarakatan.

e. Sulfat (SO₄)

SO₄ secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel DAS HLSW pada waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 11



Gambar 11. Sulfat (SO₄) DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

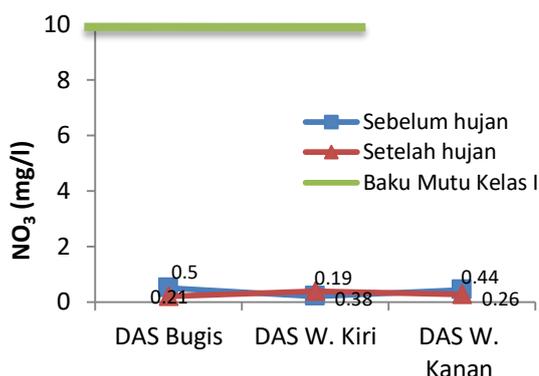
Sulfat (SO₄) merupakan unsur yang dibutuhkan oleh organisme autotrof dan bakteri heterotrof serta jamur sebagai sumber nutrisi untuk memenuhi kebutuhan unsur belerang. Konsentrasi SO₄ yang tinggi dalam air (> 250 mg/l) mempunyai efek patogen terhadap manusia, terutama gangguan dalam proses pencernaan (Ternala, 2004). Jumlah ion sulfat yang berlebihan dalam air minum menyebabkan terjadinya efek cuci perut pada manusia. Kehadiran sulfat dapat menimbulkan masalah bau dan korosi pada pipa air buangan akibat reduksi SO₄ menjadi S dalam kondisi anaerob dan bersama ion H⁺ membentuk H₂S. (In, dkk. 2016). Kandungan senyawa SO₄ tinggi bila di sekitar lingkungan sumber air terdapat pertanian atau perkebunan yang memakai pupuk buatan atau kimia, hal ini dikarenakan kandungan senyawa sulfat juga banyak diperdagangkan sebagai potasium sulfat untuk bahan pupuk buatan yang biasanya dicampur

dengan pupuk lain yang mengandung unsur nitrogen dan fosfor.

Terjadi peningkatan kadar SO₄ pada Sub DAS Wain Kanan setelah hujan hal ini disebabkan karena letak kawasan berada dekat pada kegiatan pertanian dan perladangan oleh masyarakat sekitar hutan yang menyebabkan larutnya bahan pupuk yang digunakan pada saat hujan. Berdasarkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011, kadar SO₄ pada kawasan DAS HLSW menunjukkan berada pada kelas I yang peruntukkannya dapat digunakan sebagai air minum atau untuk keperluan konsumsi lainnya.

f. Nitrat (NO₃)

NO₃ secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel DAS HLSW pada waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 12 :



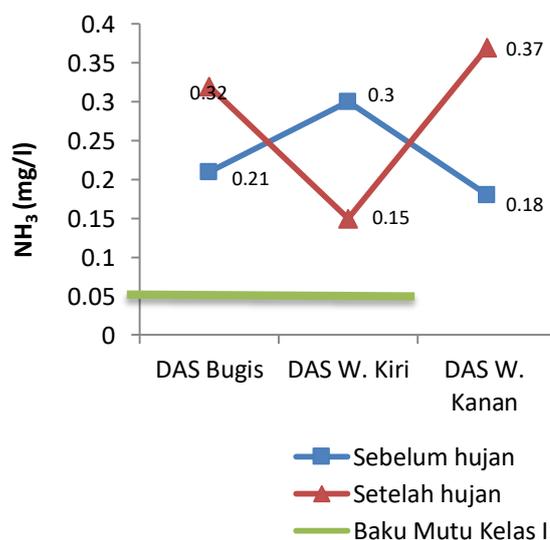
Gambar 12. NO₃ DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

Nitrat (NO₃) adalah bentuk utama nitrogen diperairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat, maka nitrat adalah senyawa yang paling sering ditemukan di dalam air bawah tanah maupun air yang terdapat dipermukaan. Bahan organik mati (tumbuhan mati, bangkai binatang, tinja) jatuh ke lantai hutan sebagai humus dan sebagain sebagai serasah. Penyerapan unsur hara oleh pepohonan dan pengembaliannya kepada tanah juga berpengaruh terhadap peningkatan nitrogen-nitrat. Sumber nitrat pada kawasan HLSW terdapat beberapa macam yang salah satunya adalah tersedianya bahan organik di lantai hutan seperti pohon-pohon mati yang masih berdiri tegak

maupun yang telah tumbang juga berasal dari kegiatan masyarakat pada areal hutan kemasyarakatan. Dengan adanya hujan yang sering turun pada kawasan HLSW maka aliran permukaan akan mengangkut partikel tanah dan juga partikel-partikel nitrat masuk ke dalam badan sungai. Hasil analisis parameter NO₃ pada DAS HLSW berkisar antara 0,19 mg/l – 0,50 mg/l (kelas I).

g. Amoniak (NH₃)

NH₃ secara keseluruhan pada 3 (tiga) titik pengambilan sampel DAS HLSW pada waktu sebelum dan setelah hujan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. NH₃ DAS Bugis dan DAS Wain HLSW

Hasil analisis parameter NH₃ pada DAS HLSW berkisar antara 0,15 mg/l – 0,37 mg/l. Berdasarkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011, kadar NH₃ pada kawasan DAS HLSW menunjukkan

berada diatas batas baku mutu yang telah ditetapkan (kelas II). Tingginya nilai amoniak pada DAS HLSW disebabkan karena sumber amoniak adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri dan domestik. Amoniak yang terdapat dalam

mineral masuk ke badan air melalui erosi tanah. Amoniak juga berada dalam air karena pemupukan kotoran biota budidaya dan hasil kegiatan jasad renik didalam pembusukan bahan organik yang kaya akan nitrogen (protein).

3. Perbandingan Hasil Kualitas Air

Uji kualitas air pada kawasan Hutan Lindung Sungai Wain (HLSW) Balikpapan sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Iwied (2002) dan Aji (2013). Adanya perbedaan jarak waktu yang cukup jauh antara penelitian terdahulu dan penelitian sekarang, sehingga perlu dilihat hasil uji kualitas air untuk mengetahui perbedaan kondisi air pada HLSW dalam waktu beberapa tahun. Beberapa hasil penelitian tentang kualitas air di Hutan Lindung Sungai Wain disajikan pada Tabel 6. Terdapatnya kondisi lahan

baru berupa rawa pada Sub DAS Bugis dan banyaknya pohon tumbang sehingga membuat perbedaan data dengan hasil penelitian Iwied (2002) seperti nilai pH yaitu antara 4,88 dengan 5,33, nilai DO antara 5,91 mg/l dengan 4,19 mg/l dan nilai NO₃ antara 0,50 mg/l dengan 0,11 mg/l. Untuk nilai dengan kondisi tutupan lahan berupa ladang pada Sub DAS Wain kanan atau hulu-tengah Sub DAS Wain terdapat perbedaan karena kurangnya aktivitas masyarakat yang dilakukan pada area hutan kemasyarakatan saat ini dengan tahun-tahun sebelumnya. Beberapa nilai yang telah diuji Aji (2013) terpaut cukup jauh dengan hasil yang peneliti peroleh seperti BOD₅ dengan nilai antara 1 mg/l dengan 3,60 mg/l dan nilai COD dengan nilai antara 15,5 mg/l dengan 104 mg/l.

Tabel 6. Hasil Penelitian Terdahulu tentang Kualitas Air Hutan Lindung Sungai Wain Balikpapan

No	Jenis Tutupan	Titik Lokasi Penelitian	Hasil Uji Kualitas Air												Sumber		
			Kekeruhan (NTU)		TSS (mg/l)		TDS (mg/l)		Suhu (°C)		Warna (PtCo)		pH			DO (mg/l)	
			TH	H	TH	H	TH	H	TH	H	TH	H	TH	H		TH	H
1.	Hutan primer, alang-alang dan belukar, sawah, ladang, dan hutan mangrove	Hutan primer DAS Wain	15	-	32	-	-	-	22	-	-	-	5,3	-	4,8	-	Iwied (2002)
			15	-	11	-	-	-	23	-	-	-	5,3	-	4,1	-	
		Hutan primer Sub DAS Bugis	10	-	10	-	-	-	24	-	-	-	3	-	9	-	
		Hutan primer terbakar	20	-	43	-	-	-	23	-	-	-	5,1	-	4,8	-	
			15	-	38	-	-	-	22	-	-	-	7	-	9	-	
		Hutan sekunder terbakar	30	-	60	-	-	-	23	-	-	-	5,6	-	2,9	-	
			30	-	60	-	-	-	23	-	-	-	7	-	0	-	
2.	Hutan primer, alang-alang dan belukar, lahan terbuka/ladang dan tubuh air	Daerah perambahan 1998	20	-	81	-	-	-	23	-	-	-	5,3	-	2,7	-	Aji (2013)
													3	-	3	-	
		Daerah perambahan 1999											5,3	-	4,6	-	
3.	Hutan primer, ladang, kebun raya, rawa, semak belukar, dan tubuh air	Waduk DAS Wain											5,3	-	3,4	-	Penelitian ini (2018)
													3	-	7	-	
													5,5	-	0	-	
													0	-	7	-	
	Hulu Sub DAS Wain	36	-	75	-	96	-	28	-	-	-	6,6	-	5,5	-		
	Tengah Sub DAS Wain	12	-	15	-	40	-	27,9	-	-	-	6,2	-	5,4	-		
	Hilir Sub DAS Wain	21	-	20	-	91	-	28	-	-	-	4,7	-	3	-		
	Sub DAS Bugis	-	-	10	15	18	40	29	26	9,11	13,8	4,8	4,9	5,9	5,2		
	Sub DAS Wain Kiri	-	-	11	13	29	42	28	25	8,53	14,7	6,4	6,3	5,5	5,5		
	Sub DAS Wain Kanan	-	-	12	17	37	46	28	26	13,2	7	1	3	2	2		
											16,4	6,6	6,9	5,5	5,6		

Tabel 6. (Lanjutan)

No.	Jenis Tutupan	Titik Lokasi Penelitian	Hasil Uji Kualitas Air												Sumber		
			BOD (mg/l)		COD (mg/l)		SO ₄ (mg/l)		NO ₃ (mg/l)		NH ₃ (mg/l)		Fe (mg/l)			Coliform (MPN/100)	
			TH	H	TH	H	TH	H	TH	H	TH	H	TH	H		TH	H
1.	Hutan primer, alang-alang dan belukar, sawah, ladang, dan hutan mangrove	Hutan primer DAS Wain	0,6 3	-	0,9 3	-	-	-	0,0 4	-	-	-	-	-	4	-	Iwied (2002)
		Hutan primer Sub DAS Bugis	0,9 8	-	2,4 9	-	-	-	0,1 1	-	-	-	-	-	5 2	-	
		Hutan primer terbakar	0,4 3	-	1,0 8	-	-	-	0,0 8	-	-	-	-	-	34	-	
		Hutan sekunder terbakar	0,6 5	-	9,8 2	-	-	-	0,1 1	-	-	-	-	-	101 7	-	
		Daerah perambahan 1998	0,6 4	-	10, 8	-	-	-	0,0 7	-	-	-	-	-	8	-	
		Daerah perambahan 1999	0,9 7	-	11, 8	-	-	-	0,0 8	-	-	-	-	-	-	-	
		Waduk DAS Wain	1,0 7	-	8,7 7	-	-	-	0,1 0	-	-	-	-	-	-	-	
2.	Hutan primer, alang-alang dan belukar, lahan terbuka/ladang dan tubuh air	Hulu Sub DAS Wain	1,8 6	-	14, 3	-	8,8 2	-	0,6 8	-	-	-	1,0 1	-	-	-	Aji (2013)
		Tengah Sub DAS Wain	3,6 0	-	104 -	-	8,3 6	-	0,8 5	-	-	-	1,0 2	-	-	-	
		Hilir Sub DAS Wain	1,8 2	-	13, 7	-	6,3 6	-	0,5 9	-	-	-	1,5 4	-	-	-	
		Sub DAS Bugis	0,8 4	0,1 9	3,0 2	3,0 2	3,9 8,9	9,8 5	0,5 0	0,2 1	0,2 1	0,3 2	-	-	-	-	
3.	ladang, kebun raya, rawa, semak belukar, dan tubuh air	Sub DAS Wain Kiri	0,3 7	0,0 2	3,0 2	3,0 2	4 6,0	10, 4	0,1 9	0,3 8	0,3 0	0,1 5	-	-	-	-	Penelitian ini (2018)
		Sub DAS Wain Kanan	1	0,4 1	15, 5	23, 2	4	17, 3	0,4 4	0,2 6	0,1 8	0,3 7	-	-	-	-	

KESIMPULAN

1. Kondisi kualitas fisik air pada kawasan DAS Bugis dan DAS Wain dinyatakan masih memenuhi baku mutu air Kelas I.
2. Kondisi kualitas kimia air beberapa parameter umumnya melebihi standar baku mutu seperti parameter COD (pada Sub DAS Wain Kanan), DO dan NH₃ (pada DAS Wain dan DAS Bugis) berada pada baku mutu air Kelas II dan pH (pada DAS Bugis) berada pada Kelas IV
3. Beban pencemaran yang paling banyak berkontribusi masuk ke dalam badan sungai adalah limbah pertanian dan perladangan serta limbah domestik yang berasal dari areal Hutan Kemasyarakatan yang berada di kawasan Sub DAS Wain Kanan. Kondisi tutupan lahan pada Sub DAS Bugis yang sebagian besar berupa rawa dan banyaknya pohon mati pada badan air sungai juga mempengaruhi kondisi kualitas air.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pimpinan dan seluruh staf Yayasan Pro Natura

Pengelola Hutan Lindung Sungai Wain mitra Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur yang telah membantu memberi ijin tempat penelitian, pengambilan data di lapangan serta sumbangan pemikiran agar tulisan ini menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji S. 2013. Studi tentang Kondisi Kualitas Air di Sub DAS Wain Kota Balikpapan. Skripsi Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2018. Curah Hujan Tahunan. Balikpapan. Tersedia pada <https://www.bmkg.go.id>. Diakses pada Januari 2019.
- Badan Pengelola Hutan Lindung Sungai Wain Balikpapan. 2016.
- Chay A. 2010 Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai. Penerbit Gadjah Mada University Press. Edisi Revisi ke-5 Tahun 2010.

- Euthalia HS. 2008. Identifikasi Vegetasi di Koridor Sungai Siak dan Peranannya dalam Penerapan Metode Bioengineering. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 10 (02) : 112-118.
- Hasrianti dan Nurasia. 2016. Analisis Warna, Suhu, pH dan Salinitas Air Sumur Bor di Kota Palopo. *Prosiding Seminar Nasional Volume 02 No.01*. Tersedia pada <http://journal.uncp.ac.id/index.php/proceding/article/view/520>. Di akses pada Oktober 2018.
- Hefni E. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Iin SS, Muli E, dan Andriana SA. 2016. Analisis Kualitas Air pada Sumber Mata Air di Kecamatan Karang dan Kaliorang Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Hutan Tropis*. 4 (1) : 64-76.
- Iwied, W. 2002. Studi Kualitas Air pada Beberapa Tipe Pemanfaatan Lahan dan Daerah Waduk di Hutan Lindung Sungai Wain, Wilayah Kota Balikpapan. *Skripsi Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman*. Samarinda.
- Keputusan Menteri Kehutanan Nomor : 129/Menhut-II/2011 tentang Penetapan Areal Kerja Hutan Kemasyarakatan seluas ± 1.400 ha di Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentu Status Mutu Air.
- Keputusan Presiden No. 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung oleh Presiden Republik Indonesia. Jakarta.
- Nanda. PM. 2014. Analisa Penentuan Kualitas Air Tasik Bera di Pahang Malaysia berdasarkan Pengukuran Parameter Fisika-Kimia. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 12 (1) : 32-40.
- Natasha, VS. dan Margaretha, W. 2017. Analisis Kualitas Air PDAM Tirta Manggar Kota Balikpapan. *Jurnal Bumi Indonesia*, 6 (1) : 4-6
- Oksana, Mohkamad I, dan Uiyal H, 2012. Pengaruh Alih Fungsi Lahan Hutan menjadi Perkebunan Kelapa Sawit terhadap Sifat Kimia Tanah. *Jurnal Agroteknologi*, 03 (01) : 29-34.
- Peraturan Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor : 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Satmoko Y. 2010. Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung di Wilayah DKI Jakarta ditinjau dari Parameter Organik, Amoniak, Fosfat, Deterjen dan Bakteri Coli. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 6 (1) : 34-42.
- Solehudin, 2015. Pengembangan Instrumen Evaluasi Hutan Kemasyarakatan dan Ujicoba Penerapannya di Hutan Lindung Sungai Wain Kota Balikpapan. *Tesis Program Studi Magister Ilmu Kehutanan. Program Pascasarjana Universitas Mulawarman Samarinda*.
- Srikandi F. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sri S, Marlon IA, dan Muhammad S. 2015. Evaluasi Kegiatan Revegetasi dan Potensi Erosi pada Lahan Pasca Tambang PT Surya Teknik Anugrah Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Seminar Nasional Silvikultur ke V*.
- Supangat, AB. 2013. Pengaruh Gangguan pada Kawasan Hutan Lindung terhadap Kualitas Air Sungai : Studi Kasus di Provinsi Jambi. *Jurnal Forest Rehabilitation Indonesian*, 1 (1) : 75-89.
- Ternala AB. 2004. *Pengantar Limnologi Studi tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan USU Press.
- Tjutju S. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5 (2) : 33-39.