



Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management (JTHEM)

Journal Website: <http://jthem.com/>

eISSN: 0128-178X



IMPAK GUNA TANAH TERHADAP KUALITI AIR SUNGAI LIWAGU, SABAH

LAND USE IMPACT ON THE WATER QUALITY OF LIWAGU RIVER, SABAH

Mohmadisa Hashim^{1*}, Erna Zuryena Ramli², Dewi Liesnoor Setyowati³, Nasir Nayan⁴, Zahid Mat Said⁵, Hanifah Mahat⁶, Yazid Saleh⁷, Koh Liew See⁸

¹ Jabatan Geografi & Alam Sekitar, FSK, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Email: mohmadisa@fsk.upsi.edu.my

² Jabatan Geografi & Alam Sekitar, FSK, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Email: zuryenaaa@gmail.com

³ Jurusan Geografi, FIS, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Email: liesnoor@yahoo.co.id

⁴ Jabatan Geografi & Alam Sekitar, FSK, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Email: nasir@fsk.upsi.edu.my

⁵ Jabatan Biologi, FSMT, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Email: zahid@fsmt.upsi.edu.my

⁶ Jabatan Geografi & Alam Sekitar, FSK, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Email: hanifah.mahat@fsk.upsi.edu.my

⁷ Jabatan Geografi & Alam Sekitar, FSK, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Email: yazid@fsk.upsi.edu.my

⁸ Jabatan Geografi & Alam Sekitar, FSK, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Email: kohliewsee89@gmail.com

* Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 03.05.2020

Revised date: 11.06.2020

Accepted date: 13.06.2020

Published date: 15.06.2020

Abstrak:

Artikel ini bertujuan untuk mengenal pasti status kualiti air sungai Liwagu, Sabah akibat daripada pelbagai aktiviti guna tanah di kawasan sub-lembangan sungai tersebut. Ini disebabkan sungai Liwagu merupakan sumber air utama bagi penduduk sekitar bagi tujuan domestik. Bagi mencapai tujuan kajian, pencerapan kualiti air sungai Liwagu dan mengenal pasti jenis aktiviti guna tanah yang terdapat di sepanjang sungai tersebut. Penilaian status kualiti air sungai Liwagu melibatkan enam parameter iaitu keperluan oksigen biokimia, keperluan oksigen kimia, oksigen terlarut, indeks kealkalian, ammonia nitrogen dan pepejal terampai di lima buah stesen yang telah ditetapkan. Kesemua parameter ini dibandingkan dengan Indeks Kualiti Air seperti yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia. Pencerapan kualiti air telah dijalankan sebanyak tiga kali iaitu pada bulan Februari, Mac dan April 2019. Dapatkan kajian menunjukkan bahawa nilai purata Indeks Kualiti Air pada bulan Februari 2019 adalah dalam keadaan semula jadi (Kelas I) dan pada

To cite this document:

Hashim, M., Ramli, E. Z., Setyowati, D. L., Nayan, N., Mat Said, Z., Mahat, H., Saleh, Y., & Koh, L. S. (2020). Impak Guna Tanah Terhadap Kualiti Air Sungai Liwagu, Sabah. *Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management*, 5 (19), 118-133.

DOI: 10.35631/JTHEM.519009.

bulan Mac dan April 2019 adalah dalam keadaan bersih (Kelas II). Parameter permintaan oksigen kimia pula menunjukkan nilai yang melebihi standard yang ditetapkan oleh JAS Malaysia. Kemerosotan parameter kualiti air ini turut disumbangkan oleh kepelbagaian aktiviti manusia seperti pelancongan, pertanian, petempatan penduduk dan pembalakan yang terdapat di hulu dan sepanjang sungai ini. Kesimpulannya, impak perubahan guna tanah terhadap kualiti sungai Liwagu masih lagi terkawal dan terancang dari segi pembangunannya. Namun, pemantauan terhadap pencemaran sungai ini perlu dilakukan dari semasa ke semasa oleh pelbagai pihak sebagai langkah awal mencegah kemerosotan kualiti air sungai Liwagu memandangkan sumber air ini turut digunakan oleh penduduk sekitarnya sebagai sumber bekalan air.

Kata Kunci:

Guna Tanah, Indeks Kualiti Air, Pencemaran Air, Pemuliharaan Sumber Air

Abstract:

This article aimed to identify the water quality of the Liwagu River, Sabah, due to the impact of land use activities in the sub-basin area. The Liwagu river provides the main water source for the local population for domestic purposes. Observations on the water quality of the Liwagu river and identification of the types of land use activities along the river were investigated. Assessment of the Liwagu river water quality engaging six parameters, namely biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), dissolved oxygen (DO), alkaline index (pH), ammonia nitrogen (NH₃N) and suspended solids (SS) in five stations that were selected. All of the parameters were analyzed against the Water Quality Index (WQI) standards by the Department of Environment (DOE) Malaysia. Water quality sampling was carried out three times, which were in February, March, and April 2019. The results showed that the average value of WQI in February 2019 was at a good level (Class I), and in March and April, 2019 was at a clean level (Class II). The COD parameter showed values that exceeded the standards set by DOE Malaysia. The decline in water quality parameters was also contributed by tourism, agriculture, settlements, and logging upstream and along the river. In conclusion, the impact of land use activities on the quality of the Liwagu river was still under control and planned in terms of its development. However, monitoring for river pollution should be conducted regularly by various parties as an early step in preventing the degradation of the Liwagu river's water quality since the water source is also used by the nearby villagers as a source for water supply.

Keywords:

Land Use, Water Quality Index, Water Pollution, Water Source Conservation

Pengenalan

Kepelbagaian aktiviti guna tanah yang semakin rencam menyebabkan banyak isu pencemaran dan bencana alam yang berlaku sama ada pencemaran air, udara, bunyi, hakisan tanah, tanah runtuh, banjir lumpur dan sebagainya. Dalam hal ini, banyak kawasan hutan telah diteroka untuk dijadikan kawasan pertanian, petempatan penduduk, pembinaan bandar baru, dan infrastruktur seperti jalan raya dan empangan. Bahkan terdapat kawasan pertanian seperti tanaman getah dan kelapa sawit ditukar menjadi kawasan bandar bagi menampung permintaan yang tinggi daripada penduduk yang semakin meningkat khususnya di Malaysia.

Tidak dapat dinafikan, pencemaran air merupakan isu yang paling kerap berlaku apabila berlakunya perubahan guna tanah di sesbuah kawasan (Ang 2017; Camara et al. 2019;

Chotpantarut & Boonkaewwan 2018; Mohmadisa et al. 2020). Kepesatan aktiviti pembangunan terutamanya dalam aktiviti pertanian secara besar-besaran, pembalakan, pelancongan, proses urbanisasi dengan pembinaan kawasan petempatan penduduk dan bandar baru menyebabkan banyak bahan pencemar dilepaskan ke dalam sungai tanpa dirawat atau diuruskan terlebih dahulu menyebabkan berlakunya kemerosotan terhadap kualiti air khususnya sungai. Dalam hal ini, menurut Nurain dan Ang (2015), kualiti air dapat ditentukan dengan berpandukan enam parameter utama indeks kualiti air (IKA) iaitu oksigen terlarut (DO), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), ammonia nitrogen (NH_3N), pH dan pepejal terampai (SS). Manakala suhu ($^{\circ}\text{C}$) sebagai faktor luaran juga turut diambil kira dalam mempengaruhi kepekatan enam parameter kualiti air. Kualiti air amat penting untuk keperluan semua organisme dan bukan organisme untuk meneruskan kehidupan sehari-hari. Perkembangan dan kemajuan yang menuju ke arah pemodenan telah menyebabkan kualiti dan kuantiti sumber air semakin berkurangan. Pelbagai aktiviti manusia telah menganggu sumber air. Sehubungan itu, artikel ini ditulis bagi mengkaji impak aktiviti perubahan guna tanah yang berlaku di hulu dan di sepanjang sungai Liwagu, Sabah terhadap kualiti air sungai berkenaan.

Kajian Literatur

Air merupakan nadi utama yang penting bagi kehidupan selepas udara. Pencemaran alam sekitar yang semakin menjadi-jadi membawa kepada kemerosotan kualiti alam sekeliling termasuklah pencemaran air. Pembangunan guna tanah yang berlaku di Malaysia pada masa kini tidak lagi mengira tempat sama ada di bandar atau luar bandar. Dalam konteks perubahan guna tanah akibat daripada aktiviti pertanian telah menjadi penyumbang utama kepada kemerosotan kualiti air permukaan khususnya sungai (Ba et al. 2020; Calijuri et al. 2015; Chen et al. 2020; Chotpantarut & Boonkaewwan 2018; Rodriquez-Romero et al. 2018). Aktiviti pembukaan kawasan pertanian secara besar-besaran menyebabkan berlakunya hakisan tanah dan segala nutrien dihakis masuk ke dalam sungai. Penggunaan baja kimia turut memburukkan lagi kualiti air sungai dengan parameter logam berat (Glavan et al. 2020; Nadiatul Adilah & Nurul Nadia 2019).

Pertambahan jumlah penduduk di sebuah kawasan atau negara mendorong kepada pembukaan kawasan petempatan dan bandar baru. Dalam hal ini sama ada kawasan hutan diteroka atau kawasan pertanian diubah statusnya menjadi kawasan perumahan dan bandar baru bagi menampung permintaan yang semakin meningkat (Cerdeira et al. 2020). Pembangunan pesat yang berlaku telah menyebabkan berlakunya kemerosotan kualiti air sungai yang berada dalam kawasan tersebut akibat daripada pembuangan sisa domestik atau sisa kumbahan daripada penduduk yang tidak dirawat dengan sempurna (Ang 2017; Camara et al. 2019; Fashae et al. 2019; Song et al. 2020; Yadav et al. 2019). Secara tidak langsung petunjuk utama air iaitu DO semakin berkurangan dalam badan air kerana terlalu banyak bahan pencemar. Sementara itu, aktiviti pembalakan juga menjadi penyebab kepada peningkatan jumlah pepejal terampai dalam air dan warna air bertukar menjadi keruh. Aktiviti pembalakan yang dilakukan di kawasan hulu sungai bukan sahaja menjelaskan kualiti air tetapi turut memberi kesan kepada kuantiti air bersih untuk tujuan bekalan air domestik kepada penduduk (Asinwa & Olajuyigbe 2019; Boloshi et al. 2019; Camara et al. 2019; Rosli et al. 2020).

Pencemaran air sungai juga kerap berlaku di kawasan terdapatnya aktiviti pelancongan yang melibatkan aktiviti rekreasi, berkhemah dan mandi-manda. Menurut Kiper (2013) kesan aktiviti pelancongan terhadap sumber air seperti permintaan terhadap sumber air tawar; pembuangan sisa kumbahan dan domestik ke dalam badan air; pelepasan sisa minyak dan bahan bakar daripada aktiviti pengangkutan air; dan akhirnya memberi kesan kepada hidupan

akuatik dan tumbuh-tumbuhan. Kepesatan aktiviti pembangunan pelancongan di sekitar sungai dan tasik merupakan faktor yang menganggu kelangsungan hayat sungai, tahap kualiti air, bau busuk dan perubahan warna (Chauhan et al. 2016). Menurut Khandi dan Srivastava (2016) akibat daripada aktiviti pelancongan di India telah menyebabkan kualiti air sungai di kawasan rekreasi berasaskan air tercemar dengan sisa kumbahan dari para pelancong. Ini menyebabkan petunjuk parameter kimia meningkat dan parameter DO yang menunjukkan penurunan yang begitu ketara.

Sementara itu, kualiti air merujuk kepada sejauhmana ciri-ciri fizikal, kimia dan biologi air telah berubah daripada keadaan semula jadinya (Ang 2015). Kehadiran bendasing dalam air semula jadi adalah petanda bahawa kualiti air mengalami kemerosotan. Ciri-ciri fizikal air yang sangat unik telah menjadikan air sebagai pelarut yang universal. Parameter fizikal air boleh ditentukan melalui suhu air, warna, bau dan rasa air, jumlah pepejal terampai, ketelusan atau kekeruhan, jumlah pepejal terlarut, dan kadar kemasinan (Ang 2015).

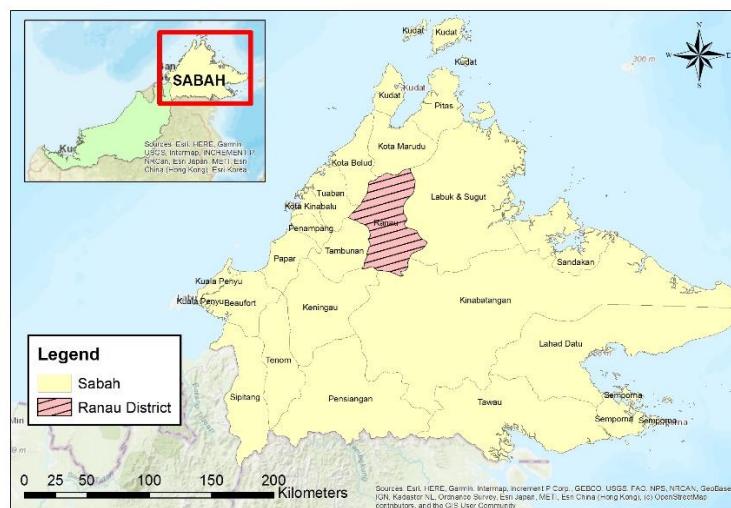
Penilaian kualiti air di Malaysia secara umumnya ialah berdasarkan dua belas parameter IKA yang diklasifikasikan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) Malaysia. Parameter kualiti air terdiri daripada parameter fizik-kimia seperti BOD, COD, DO, NH₃N, pH, SS, kekeruhan; parameter biologi seperti E. coli; dan logam-logam berat seperti As, Cu, Pb serta Zn. JAS Malaysia telah menetapkan piawaian bagi setiap parameter ini untuk menentukan tahap pencemaran dan bahan pencemar yang terdapat di sesebuah badan air.

Penilaian kualiti air sungai berdasarkan parameter kualiti air dan IKA ialah berbeza mengikut objektif kajian yang juga berbeza-beza. Penilaian kualiti air sungai, tasik dan bekas lombong tidak semestinya berdasarkan kesemua dua belas parameter yang ditetapkan oleh JAS, namun boleh juga dinilai berdasarkan skop dan kepentingan sesuatu kajian. Parameter kualiti air dan IKA mempunyai hubungan yang rapat dalam memantau dan menentukan tahap kualiti air di sesuatu kawasan badan air. Tahap kualiti air juga berkait rapat dengan kadar aktiviti guna tanah di sekitar koridor badan air seperti aktiviti pertanian, penternakan, pembandaran dan pelancongan. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Wimbaningrum et al. (2016) berkaitan dengan kualiti air di kawasan pelancongan air Jember, Malang, Indonesia mendapati ada isu pencemaran air tetapi berdaarkan NSF-WQI didapati kualiti air di kawasan tersebut masih lagi selamat sebagai kawasan rekreasi berasaskan air. Namun, jika semakin pesat sesuatu aktiviti guna tanah dijalankan di sekitar koridor badan air, didapati tahap kualiti air sungai juga semakin merosot sehingga menyebabkan sungai menjadi tercemar.

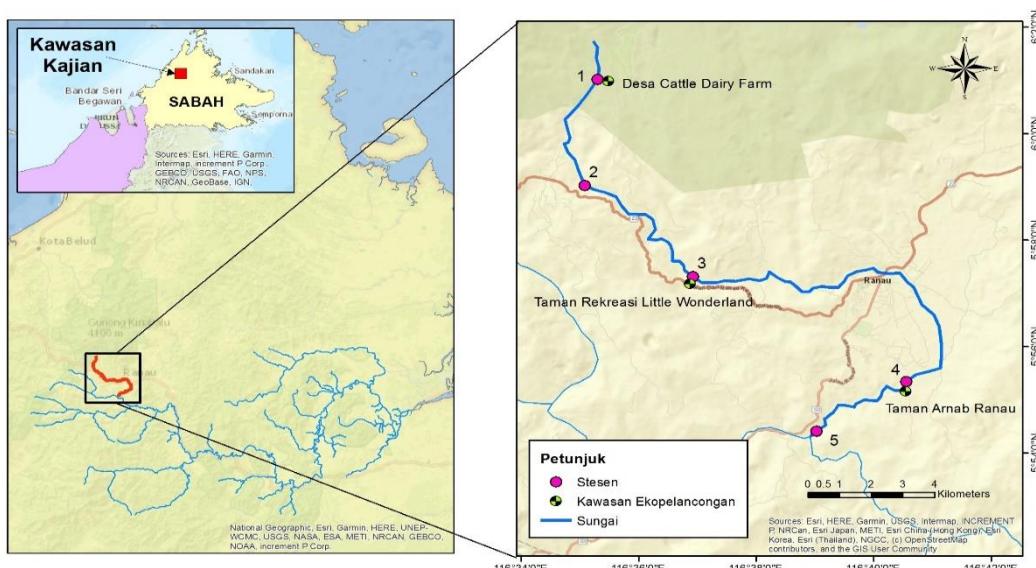
Metodologi

Lokasi Kajian

Kajian ini dijalankan di hulu sungai Liwagu, Ranau, Sabah. Sungai ini terletak dalam daerah Ranau (Rajah 1). Daerah Ranau berkeluasan kira-kira 3,555.51 kilometer persegi yang dikelilingi oleh tujuh buah daerah lain iaitu Tuaran, Kota Belud, Tambunan, Keningau, Kinabatangan, Beluran dan Kota Belud (Pejabat Daerah Ranau 2019). Sungai Liwagu adalah saliran utama yang menjadi sumber air utama kepada penduduk di kawasan ini bagi keperluan domestik dan pengairan kawasan pertanian. Sungai Liwagu adalah sepanjang kira-kira 200 kilometer dan mengalir ke arah timur daripada cerun selatan Gunung Kinabalu dan kemudian ke sungai Labuk, ke sungai Klagan dan terus ke Laut Sulu. Sementara itu, bagi menilai tahap kualiti air sungai Liwagu ini, lima buah lokasi pencerapan telah dipilih di hulu sungai Liwagu yang merangkumi pelbagai aktiviti guna tanah (Rajah 2).



Rajah 1: Kedudukan Daerah Ranau dalam Negeri Sabah



Rajah 2: Kedudukan Stesen Cerapan Kualiti Air di Sungai Liwagu

Aktiviti ekonomi di sekitar sungai Liwagu pula dilihat telah didominasi oleh masyarakat tempatan sendiri yang melibatkan aktiviti pelancongan, perniagaan, pertanian dan penternakan. Daerah Ranau, Sabah yang terkenal dengan keunikan alam semula jadi mewujudkan pelbagai idea kepada pengusaha untuk membangunkan industri pelancongan di kawasan ini. Menurut Tourism Malaysia (2016), sebanyak 486 program pelancongan yang telah dijalankan di seluruh negara termasuklah di daerah Ranau, Sabah. Panorama Gunung Kinabalu yang tersergam indah di sepanjang laluan utama Kota Kinabalu ke Sandakan menyebabkan ia mendapat perhatian para pelancong. Hal ini secara tidak langsung mengiatkan lagi industri pelancongan di kawasan Ranau, Sabah dan aktiviti guna tanah pelancongan di daerah ini telah memberi kesan terhadap kemerosotan kualiti air.

Pengumpulan dan Analisis Data

Pada asasnya, kaedah persampelan air sungai di lapangan ini berpandukan kepada kaedah-kaedah piawaian seperti yang disarankan oleh American Public Health Association (APHA) (2005). Terdapat dua jenis pengukuran parameter air yang dilakukan di lapangan iaitu

pengukuran untuk nilai pH dan DO dengan menggunakan peralatan YSI Professional Plus. Sementara itu, untuk pengukuran parameter lain seperti BOD, COD, NH₃N dan SS, sampel air yang diambil di lapangan dan dianalisis dalam makmal mengikut prosedur dan analisis yang ditetapkan oleh APHA. Peralatan makmal yang digunakan dalam kajian ini termasuklah YSI 5100 *dissolved oxygen meter*, HACH DRB200 COD reactor, HACH DR3900 spectrophotometer, kertas turas, vacuum pump, oven, desiccators cabinet dan analytical weighing balance.

Pencerapan terhadap kualiti air di hulu sungai Liwagu telah dilakukan di lima buah tempat yang berbeza seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Sampel air sungai Liwagu diambil sebanyak tiga kali iaitu pada bulan Februari, Mac dan April 2019. Enam parameter kualiti air sahaja digunakan memandangkan parameter ini yang digunakan oleh pihak Jabatan Alam Sekitar (JAS) Malaysia dalam menentukan status kualiti air sungai yang dikenali sebagai Indeks Kualiti Air (IKA). IKA ini digunakan untuk membahagikan kualiti air kepada lima kelas dan status air semasa seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Julat nilai subindeks (SI) setiap parameter IKA diberikan dalam jadual tersebut. IKA ini ditentukan berdasarkan formula yang telah ditetapkan oleh JAS Malaysia seperti persamaan berikut:

$$\text{IKA} = (0.22 \times \text{SIDO}) + (0.19 \times \text{SIBOD}) + (0.16 \times \text{SICOD}) + (0.15 \times \text{SIAN}) + (0.16 \times \text{SISS}) + (0.12 \times \text{SIPH})$$

iaitu SI_{DO} ialah sub indeks bagi DO; SI_{BOD} ialah sub indeks bagi BOD; SI_{COD} ialah sub indeks bagi COD; SI_{AN} ialah sub indeks bagi NH₃N; SI_{SS} ialah sub indeks bagi SS; SI_{pH} ialah sub indeks bagi pH. Bagi memudahkan pengiraan IKA ini sebuah laman sesawang yang khusus digunakan untuk mengira nilai SI iaitu daripada *Calculator of River Water Quality Index* (<https://www.doe.gov.my>). Penentuan kelas IKA terdiri daripada lima kelas iaitu sangat baik (Kelas I), baik (Kelas II), sederhana (Kelas III), tercemar (Kelas IV) dan sangat tercemar (Kelas V).

Dalam pada masa sama pihak JAS Malaysia menetapkan IKA bagi sesuatu badan air khususnya sungai diringkaskan lagi dan diberikan status bersih (81-100%), sederhana tercemar (60-80%) dan tercemar (0-59%). Semua data parameter kualiti air ini dianalisis dengan menggunakan *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 22. Analisis statistik deskriptif digunakan untuk menjelaskan nilai bagi setiap parameter kualiti air iaitu nilai min (purata), maksimum dan minimum. Data seterusnya dipersembahkan dalam bentuk jadual dan graf untuk memperihalkan data dengan lebih jelas.

Jadual 1: Klasifikasi Kualiti Air Berdasarkan Indeks Kualiti Air

Parameter	Unit	Kelas				
		I	II	III	IV	V
NH ₃ N	mg/l	<0.1	0.1-0.3	0.3-0.9	0.9-2.7	>27
BOD	mg/l	<1	1-3	3-6	6-12	>12
COD	mg/l	<10	10-25	25-50	50-100	>100
DO	mg/l	>7	5-7	3-5	1-3	<1
pH	-	>7.0	6.0-7.0	5.0-6.0	<5.0	>5.0
TSS	mg/l	<25	25-50	50-150	150-300	>300
IKA		>92.7	76.5-92.7	51.9-76.5	31.0-51.9	<31.0

Sumber: JAS, 2018

Dapatan Kajian dan Perbincangan

Kualiti Air Sungai Liwagu Berdasarkan Parameter Kualiti Air

BOD merupakan parameter untuk menentukan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menstabilkan bahan organik untuk terurai (Nurhamizah 2015; Sukiman 1989). Nilai BOD yang tinggi menunjukkan kandungan bahan organik yang tinggi dalam sesebuah badan air dan kesannya ialah kandungan DO akan berkurangan menyebabkan sesetengah hidupan akuatik mati. JAS (2015) telah menetapkan standard kualiti air bagi parameter BOD pada Kelas II iaitu antara 1 mg/l hingga 3 mg/l.

Secara puratanya, cerapan BOD di sungai Liwagu berada antara nilai 0.45 mg/l hingga 0.82 mg/l. Kesemua cerapan ini tidak melebihi Kelas II seperti yang ditetapkan oleh JAS. Ini bererti aktiviti yang melibatkan sentuhan badan air masih sesuai dijalankan di sungai Liwagu. Cerapan BOD bagi setiap stesen dipaparkan pada Jadual 2. Secara ringkasnya, nilai minimum ialah 0.1 mg/l (Stesen 2) pada bulan April 2019 manakala nilai maksimum pula ialah 1.18 mg/l (Stesen 3) pada bulan Februari 2019.

Nilai BOD bagi kesemua stesen berada pada tahap yang tidak membimbangkan walaupun ada sedikit peningkatan nilai BOD di Stesen 5 antara bulan Februari hingga Mac 2019 sebanyak 0.32 mg/l. Peningkatan nilai BOD disebabkan kemasukan sisa kumbahan daripada aktiviti manusia yang bermandi-manda di sekitar sungai tersebut yang mempunyai sisa organik. Selain itu, kepekatan BOD dan COD yang sangat tinggi di sesuatu kawasan menunjukkan pencemaran daripada sisa kumbahan kilang kelapa sawit yang mempunyai sisa organik yang tinggi (Suhaimi et al. 2009).

Jadual 2: Nilai Kepekatan BOD Bagi Sungai Liwagu

Bulan	BOD (mg/l)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Februari	0.96	1.03	1.18	0.73	0.43
Mac	1.02	0.58	0.88	0.99	0.75
April	0.25	0.10	0.42	0.30	0.16
Purata	0.74	0.57	0.82	0.67	0.45
Maks	1.02	1.03	1.18	0.99	0.75
Min	0.25	0.10	0.42	0.30	0.16

Sementara itu, pengukuran COD yang dijalankan ialah bertujuan untuk mengukur keperluan oksigen bagi proses penguraian. Berbeza dengan pengukuran BOD, pengukuran COD merangkumi proses penguraian bahan organik secara kimia dan menghasilkan karbon dioksida secara serentak. Nilai COD yang tinggi menunjukkan bahan organik dan bahan pencemar yang tinggi dalam sesebuah badan air. Bahan organik yang dimaksudkan ialah selain yang tidak dapat diuraikan oleh mikro organisma melalui pengukuran BOD seperti sisa kumbahan domestik dan sisa buangan industri. COD melibatkan keupayaan oksigen untuk menguraikan bahan organik dan bahan bukan organik secara kimia (Patil et al. 2012). Nilai COD yang tinggi memberikan gambaran kadar bahan pencemar dalam air yang tinggi. Selain itu, parameter ini juga boleh menguji tahap pencemaran yang lebih tinggi berbanding BOD. JAS menetapkan Kelas II bagi nilai COD perlu berada antara 10 mg/l hingga 25 mg/l.

Secara puratanya cerapan COD di sungai Liwagu berada dalam lingkungan 5 mg/l hingga 55 mg/l. Nilai IKA yang ditunjukkan berbeza mengikut stesen yang mana nilai yang berada dalam lingkungan Kelas I ialah Stesen 1 (Februari 2019), Stesen 2 (Mac 2019), Stesen 3 (Februari &

Mac 2019) dan Stesen 5 (Februari & Mac 2019). Bagi nilai yang berada dalam lingkungan Kelas II ialah Stesen 3 dan Stesen 5 pada bulan April 2019 manakala bagi nilai yang berada pada lingkungan Kelas III ialah Stesen 1 dan Stesen 2 pada bulan April 2019 serta Stesen 4 bagi kesemua bulan cerapan. Bagi nilai yang berada pada lingkungan Kelas IV dan V ialah Stesen 2 (Februari 2019) dan Stesen 1 (Mac 2019). Nilai parameter COD bagi setiap stesen ditunjukkan pada Jadual 3.

Nilai minimum cerapan COD ialah 0 mg/l (Kelas I) pada bulan Februari 2019 (Stesen 1, 3 & 5) dan bulan Mac 2019 (Stesen 3), manakala nilai maksimum ialah pada bulan Mac 2019 (Stesen 1) dengan nilai 136 mg/l (Kelas V). Peningkatan nilai COD dapat dikesan pada bulan Mac 2019 dikaitkan dengan pembuangan sisa daripada aktiviti pertanian dari Taman Botani Kinabalu Park. Peningkatan nilai COD dalam kajian terdahulu juga dikaitkan dengan pembuangan sisa perindustrian dan perbandaran di sekitar sungai (Muhammad Barzani et al. 2015).

Jadual 3: Nilai Kepekatan COD Bagi Sungai Liwagu

Bulan	COD (mg/l)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Februari	0	87	0	30	0
Mac	136	2	0	50	1
April	29	44	21	38	14
Purata	55	44.3	7	39.3	5
Maks	136	87	21	50	14
Min	0	2	0	30	0

DO merujuk kepada ukuran jumlah kepekatan oksigen yang terkandung dalam sesuatu badan air dan sebagai contohnya iaitu sungai yang pada satu-satu masa dan lazimnya ia berkaitan dengan kelajuan arus sungai (Mohmadisa et al. 2018). Pada asasnya, kandungan DO yang diperlukan bagi air bersih ialah antara 8 mg/l hingga 10 mg/l. Kandungan peratusan kepekatan oksigen yang kurang dari 80 peratus dalam air tidak sesuai untuk diminum dan kestabilan oksigen ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tekanan, suhu dan kepekatan mineral dalam air. Kadar kelarutan oksigen yang semakin rendah juga menunjukkan bahawa terdapat bahan organik dan pencemar di dalam sungai. DO dikaitkan dengan sejumlah larutan DO dalam jasad air. Parameter ini akan memberikan gambaran tentang keadaan kandungan air semasa dan keperluannya kepada ekosistem hidupan akuatik.

Semakin tinggi nilai DO, semakin baik kualiti air tersebut. Nilai DO yang rendah dalam kandungan air pula dapat memberikan gambaran persekitaran yang terjejas. Keadaan ini menganggu proses respirasi hidupan akuatik dalam sesebuah badan air tersebut. Menurut Premlata (2009), hubungan DO dengan badan air dapat memberikan informasi secara terus tentang aktiviti bakteria, fotosintesis, nutrien dan stratifikasi. Selain itu, suhu yang tinggi juga akan meningkatkan aktiviti mikrob yang menggunakan DO dalam menguraikan bahan organik. Standard JAS menetapkan nilai DO perlu berada di Kelas II dengan nilai 5 mg/l hingga 7 mg/l.

Secara keseluruhannya, purata cerapan DO di sungai Liwagu adalah antara 7.98 mg/l hingga 8.16 mg/l dan kesemua cerapan telah melepassi tahap Kelas II oleh JAS. Merujuk pada Jadual 4, nilai minimum cerapan ialah 7.11 mg/l (Stesen 2 & 3) pada bulan April 2019 manakala nilai maksimum ialah 8.87 mg/l (Stesen 1) pada bulan Mac 2019. Nilai DO yang tinggi menunjukkan proses fotosintesis tumbuhan dan alga berlaku dengan baik disebabkan penerimaan cahaya matahari yang cukup. DO yang tinggi juga dapat dikaitkan dengan hari

panas yang mana terdapatnya sumber cahaya matahari yang mencukupi dan mampu menembusi badan air tanpa sebarang halangan (Krishnakumar et al. 2017). Keadaan ini membolehkan fitoplankton menjalankan proses fotosintesis dengan kadar yang lebih cepat.

Jadual 4: Nilai Kepekatan DO Bagi Sungai Liwagu

Bulan	DO (mg/l)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Februari	8.31	8.52	8.73	8.34	8.51
Mac	8.87	8.51	8.10	8.78	8.60
April	7.31	7.11	7.11	7.33	7.38
Purata	8.16	8.05	7.98	8.15	8.16
Maks	8.87	8.52	8.73	8.78	8.60
Min	7.31	7.11	7.11	7.33	7.38

NH_3N diukur dengan tujuan untuk menentukan sama ada kandungan air mengalami pencemaran yang berpunca daripada sisa kumbahan ataupun tidak (JAS, 2015). Nilai kepekatan NH_3N yang tinggi dalam sungai menunjukkan bahawa kehadiran bahan pencemar seperti air sisa domestik, sisa industri dan air larian permukaan yang dicemari baja kimia atau racun serangga adalah tinggi. Parameter NH_3N akan memberikan petunjuk berhubung dengan pencemaran yang berpunca daripada bahan effluen atau kumbahan manusia, ternakan, baja pertanian, sisa domestik dan sisa industri yang disalurkan ke dalam badan air. Kewujudan NH_3N dalam kandungan air bukan sahaja menjelaskan kesihatan manusia malah turut memberi kesan pada hidupan akuatik (Environment Protection Authority 2017). Standard piawaian JAS menetapkan nilai NH_3N bagi Kelas II adalah antara 0.1 mg/l hingga 0.3 mg/l.

Secara puratanya, cerapan bagi parameter NH_3N di sungai Liwagu ialah antara 0 mg/l hingga 0.05 mg/l (Kelas I). Kesemua data bulan cerapan tidak melebihi Kelas II yang ditetapkan oleh JAS. Merujuk pada Jadual 5, nilai minimum NH_3N ialah 0 mg/l (Kelas I) pada bulan Februari 2019 (Stesen 2, 4 & 5), pada bulan Mac 2019 (Stesen 2, 4 & 5) dan pada bulan April 2019 (Stesen 3 & 5). Nilai maksimum NH_3N pula ditunjukkan pada bulan April 2019 (Stesen 1) dengan nilai 0.09 mg/l (Kelas I). Pola parameter NH_3N juga tidak menunjukkan sebarang perubahan drastik sama ada meningkat atau menurun.

Secara keseluruhannya, air sungai Liwagu masih tidak dicemari dengan parameter NH_3N dan ini membuktikan kuantiti sisa kumbahan yang tidak memudaratkan kualiti air sungai. Namun, kekerapan pembuangan sisa kumbahan atau segala jenis benda asing ke dalam sungai lama-kelamaan akan menganggu kualiti air sungai tersebut. Menurut Wan Mohd Razi et al. (2009), nilai NH_3N adalah dipengaruhi oleh pembuangan kumbahan daripada penduduk tempatan dan pelancong yang mengadakan aktiviti di kawasan rekreasi air.

Jadual 5: Nilai Kepekatan NH_3N Bagi Sungai Liwagu

Bulan	$\text{NH}_3\text{N}(\text{mg/l})$				
	S1	S2	S3	S4	S5
Februari	0.04	0	0.03	0	0
Mac	0.06	0	0.06	0	0
April	0.04	0.07	0	0.09	0
Purata	0.05	0.02	0.03	0.03	0
Maks	0.06	0.07	0.060	0.09	0
Min	0.04	0	0	0	0

Pengukuran nilai pH dilakukan pada jasad air untuk menentukan sama ada air berada dalam keadaan berasid atau beralkali. Skala bagi pengukuran nilai pH ini ialah dari 0 hingga 14 dan jika nilai semakin menurun ke arah pH 0, keadaan air adalah berasid. Manakala jika nilai meningkat ke arah nilai pH 14, keadaan air adalah semakin beralkali. Nilai pH neutral ialah berada pada pH 7. Selain itu, parameter ini juga menentukan sifat menghakis dalam kandungan air. Nilai ion hidrogen yang tinggi memberi gambaran sifat air yang berasid dan mempunyai sifat menghakis yang tinggi. Sebaliknya, nilai ion hidrogen yang rendah pula dikaitkan dengan sifat air yang beralkali dan sifat adalah rendah (Patil et al. 2012). JAS pula telah menetapkan nilai maksimum bagi parameter pH dalam kandungan air yang berada di Kelas II antara 6 hingga 7.

Purata parameter pH di sungai Liwagu selama tiga bulan ialah antara 6.89 (Kelas II) hingga 8.29 (Kelas I). Kebanyakan data cerapan bagi ketiga-tiga bulan berada pada Kelas I kecuali pada bulan April 2019 (Stesen 1) yang berada dalam lingkungan Kelas II. Jadual 6 menunjukkan cerapan parameter mengikut stesen. Nilai minimum yang dicatatkan ialah 6.45 (Kelas II) di Stesen 1 (April 2019) manakala nilai maksimumnya pula 8.70 di Stesen 3 (Mac 2019). Taburan nilai pH didapati menunjukkan naik turun nilai dengan pola yang hampir sama bagi setiap stesen. Penurunan nilai pH pada April 2019 ialah berpunca daripada pelepasan sisa kumbahan haiwan ternakan, penggunaan baja kimia dalam aktiviti ekopelancongan (pertanian) dan sisa domestik dari pelancong. Walau bagaimanapun, nilai pH masih dalam keadaan terkawal. Selain aspek pelepasan sisa kumbahan, sisa domestik dan penggunaan baja kimia, nilai pH yang rendah turut dikaitkan dengan kandungan air tawar yang banyak, suhu rendah dan pereputan bahan organik (Chaurasia & Pandey 2007).

Jadual 6: Nilai Kepekatan pH Bagi Sungai Liwagu

Bulan	pH				
	S1	S2	S3	S4	S5
Februari	7.01	8.52	8.43	7.67	8.12
Mac	7.12	7.77	8.70	8.36	8.44
April	6.45	7.45	7.13	8.33	8.32
Purata	6.86	7.91	8.07	8.12	8.29
Maks	7.12	8.52	8.70	8.36	8.44
Min	6.45	7.45	7.13	7.67	8.12

SS merupakan ukuran yang melibatkan pepejal dalam air yang terdiri daripada zarah organik atau bukan organik dan ia tidak boleh larut dalam air serta saiznya yang tidak kurang daripada 0.001 mm. Pepejal ini boleh terdiri daripada pelbagai jenis bahan terlarut seperti kelodak, tumbuhan mati, sisa kumbahan, sisa industri dan bahan buangan lain-lain. Pepejal tidak larut pula biasanya terdiri daripada bakteria, protozoa, alga kelodak dan tanah liat (Azahan et al. 2008). Kandungan air dengan nilai SS yang rendah adalah penting bagi semua jenis kegunaan dalam kehidupan akuatik. Sumber utama SS dalam air semula jadi adalah larian air permukaan daripada kawasan bandar dan pertanian. Selain itu, faktor fizikal seperti kejadian tanah runtuh, pergerakan jisim dan susulan gempa bumi turut mempengaruhi parameter SS. SS dalam kandungan air boleh terdiri daripada bahan organik dan bahan bukan organik yang mana boleh mengancam hidupan akuatik apabila kepekatan SS tinggi. JAS menetapkan piawaian parameter SS yang seharusnya wujud dalam air adalah antara 25 mg/l hingga 50 mg/l (Kelas II).

Didapati, purata parameter SS di sungai Liwagu antara 0.0003 mg/l hingga 0.0037 mg/l (Kelas I). Kesemua stesen cerapan berada pada Kelas I berdasarkan standard yang ditetapkan JAS dan cerapan ditunjukkan pada Jadual 7. Nilai minimum ialah 0 mg/l (Kelas I) pada bulan Mac 2019 bagi Stesen 2 manakala nilai maksimum ialah 0.0111 mg/l (Kelas I) pada bulan April 2019 bagi Stesen 2. Pola perubahan nilai SS bagi setiap bulan cerapan dilihat agak konsisten kecuali pada bulan April 2019 (Stesen 2) yang mengalami peningkatan nilai SS yang mendadak. Hal ini dapat dikaitkan dengan kejadian tanah runtuh yang berlaku sekitar bulan April 2019 di kawasan sekitar Stesen 2 yang menyebabkan kandungan SS dalam air meningkat. Pada bulan Mac dan April 2019 di Stesen 5 juga mengalami sedikit peningkatan nilai SS yang disebabkan oleh aktiviti rekreasi iaitu mandi-manda oleh pelancong tempatan semasa cuti sekolah penghujung bulan Mac 2019 dan awal bulan April 2019. Menurut Mahmud et al. (2017), nilai SS boleh menjadi rendah apabila dikaitkan dengan proses pemendakan zarah terampai sebaik masuk ke dalam jasad air dan berikutnya permukaan air kurang bergelora atau arus yang tidak deras.

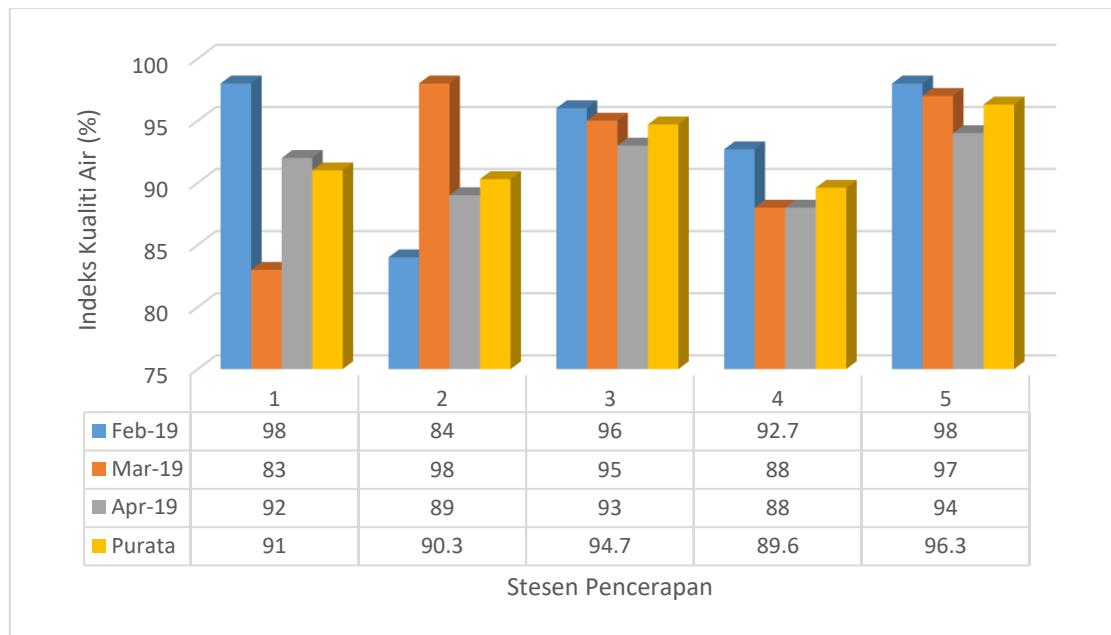
Jadual 7: Nilai Kepakatan SS Bagi Sungai Liwagu

Bulan	SS (mg/l)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Februari	0.0004	0.0002	0.0004	0.0005	0.0002
Mac	0.0003	0	0.0001	0.0004	0.0012
April	0.0004	0.0111	0.0005	0.0004	0.0017
Purata	0.0004	0.0037	0.0003	0.0004	0.0010
Maks	0.0004	0.0111	0.0005	0.0005	0.0017
Min	0.0003	0	0.0001	0.0004	0.0002

Indeks Kualiti Air Sungai Liwagu

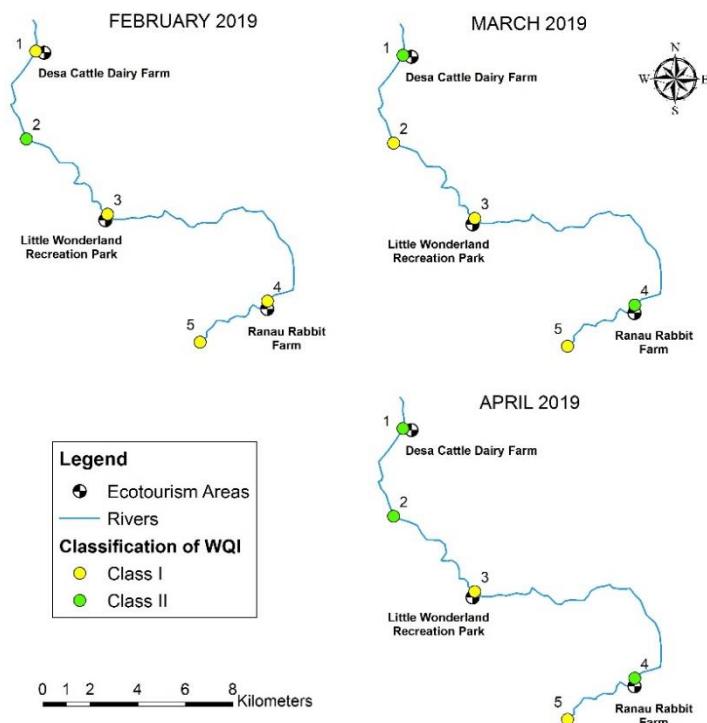
IKA merupakan satu kaedah bagi menentukan kualiti air dengan menggunakan sistem pangkat sama ada kualiti air berada pada status baik atau sebaliknya. Kualiti air setiap parameter yang digunakan kemudiannya membentuk sub indeks bagi menggambarkan kualiti air bagi parameter tertentu. Nilai sub indeks ini diberi julat antara 0 hingga 100 iaitu 0 dianggap tercemar dan 100 dianggap bersih. Parameter yang dipilih adalah berdasarkan ketentuan yang telah dibuat oleh pihak JAS Malaysia bagi mengukur status kualiti air dan mengesan perubahannya sepanjang masa khususnya bagi air sungai (JAS 2015). Analisis IKA yang digunakan dalam kajian ini melibatkan enam parameter yang merangkumi BOD, COD, DO, NH₃N, pH dan SS. Dapatkan analisis IKA memberikan petunjuk status semasa air di kawasan kajian sama ada tergolong dalam Kelas I (>92.7), Kelas II (76.5-92.7), Kelas III (51.9-76.5), Kelas IV (31.0-51.9) atau Kelas V (<31.0).

Berdasarkan IKA oleh JAS Malaysia, kualiti air sungai Liwagu bagi kelima-lima stesen berada dalam Kelas I dan II. IKA paling rendah dicatatkan pada bulan Mac dan April 2019 iaitu di Stesen 4 (88%) manakala nilai IKA tertinggi di rekodkan pada bulan Februari 2019 di Stesen 1 dan 5 (98%). Stesen 2 juga mencatatkan nilai yang sama pada bulan Mac 2019. Secara keseluruhannya, nilai IKA di kesemua stesen berada berada pada status bersih seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.

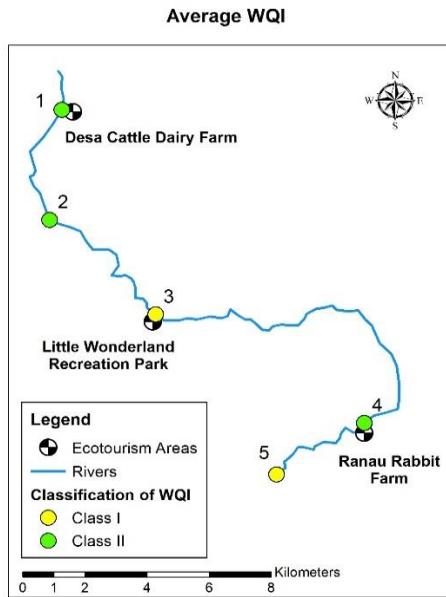


Rajah 2: IKA Sungai Liwagu dari Februari hingga April 2019

Selain itu, kelas kualiti air sungai Liwagu mengikut bulan dan stesen ditunjukkan dalam Rajah 3. Berdasarkan rajah tersebut, Stesen 3 dan Stesen 5 sahaja yang mencatatkan Kelas I pada setiap bulan sementara stesen-stesen lain ada mencatatkan kualiti air Kelas I dan II. Secara keseluruhannya, Stesen 1, 2 dan 4 mencatatkan kelas air pada Kelas II dan Stesen 3 dan 5 pada Kelas I (Rajah 4). Walau bagaimanapun, kelas kualiti air ini sesuai untuk dijadikan sebagai bekalan air minuman tetapi memerlukan sedikit rawatan lanjut serta sesuai bagi kegunaan aktiviti berasaskan air yang melibatkan sentuhan badan.



Rajah 3: Kelas Kualiti Air Sungai Liwagu Mengikut Bulan dan Stesen



Rajah 4: Kelas Kualiti Air Keseluruhan Sungai Liwagu Mengikut Stesen

IKA ini telah dapat memberikan petunjuk penting berkaitan dengan kualiti air sungai Liwagu yang melibatkan enam parameter yang telah ditetapkan. Parameter ini telah menunjukkan bahawa telah berlaku pencemaran air kesan daripada aktiviti perubahan guna tanah yang berlaku di kawasan ini, namun impak tersebut tidak ketara dan tidak menjelaskan keseluruhan jasad air sungai Liwagu khususnya di kawasan hulu sungai. Secara umumnya, aktiviti pertanian banyak terdapat di Kundasang akibat daripada pembukaan kawasan pertanian baru secara berlebihan, petempatan penduduk yang padat di Kg. Mesilau, aktiviti pembalakan di hulu sungai Liwagu serta aktiviti pelancongan yang berteraskan ekopelancongan telah memberi kesan terhadap kualiti air sungai Liwagu. Menurut Hanizah et al. (2017) jika interaksi manusia terhadap alam sekitar fizikal yang berlebihan dan tidak terkawal boleh menghasilkan impak yang negatif dan menurunkan kualiti alam sekitar. Kualiti air sungai Liwagu secara keseluruhannya masih berada dalam keadaan bersih. Selain itu, sifat fizikal air yang dapat diperhatikan iaitu jernih menunjukkan bahawa sungai Liwagu masih lagi dalam keadaan bersih. Kehadiran hidupan akuatik seperti ikan yang hidup bebas dalam ekosistem sungai juga bukti bahawa sungai masih lagi tidak tercemar.

Kesimpulan

Kajian ini mendapati kualiti air bagi sungai Liwagu berada dalam Kelas I (sangat baik) dan Kelas II (baik). Walau bagaimanapun, dari segi parameter pula, sungai dikesan tercemar dengan parameter COD yang tinggi. Hal ini dapat dikaitkan dengan aktiviti guna tanah seperti pelancongan, pertanian, penternakan dan petempatan penduduk. Nilai COD yang tinggi dalam air menunjukkan kepekatan sisa kumbahan sama ada daripada haiwan atau manusia. Kesimpulannya, berdasarkan enam parameter yang dianalisis dalam kajian ini, aktiviti perubahan guna tanah sememangnya mendatangkan impak negatif terhadap alam sekitar terutamanya sumber air. Namun begitu, kemerosotan kualiti air yang berlaku masih pada tahap yang kurang membimbangkan dan sungai Liwagu masih sesuai dijadikan sumber bekalan air penduduk. Oleh itu, kualiti air sungai yang bersih wajar dikekalkan sejajar dengan pembangunan aktiviti guna tanah yang berkonsepkan kelestarian alam sekitar. Impak aktiviti guna tanah ini dapat diminimumkan dan merupakan sesuatu yang masih boleh dikawal dengan adanya kerjasama pelbagai pihak termasuklah masyarakat setempat dan pihak berkuasa tempatan.

Secara keseluruhannya, hasil kajian mendapati impak aktiviti guna tanah terhadap kualiti sungai Liwagu, Sabah masih lagi terkawal dan terancang dari segi pembangunan kawasan tersebut. Sebilangan kecil sahaja sumber pencemaran yang datang dari kawasan ini disalurkan secara terus ke sungai Liwagu dan mempengaruhi tahap kualiti air sungai tersebut. Sumber pencemaran tersebut termasuklah sisa kumbahan yang datang dari haiwan ternakan dan manusia, sisa pepejal berbentuk sampah-sarap dan penggunaan bahan kimia iaitu baja kimia dan racun serangga. Oleh itu, kualiti air sungai bersih masih boleh dijadikan sebagai sumber air penduduk sekitar dan selamat digunakan untuk kepelbagaiannya aktiviti manusia yang melibatkan sentuhan badan air seperti aktiviti rekreasi berasaskan air. Namun begitu, pemantauan dan pemonitoran terhadap pencemaran sungai perlu dilakukan dari semasa ke semasa oleh pelbagai pihak sebagai langkah awal mencegah kemerosotan kualiti air sungai yang teruk dan untuk memberikan jaminan kesihatan terhadap penduduk sekitar yang menjadikan sungai tersebut sebagai sumber bekalan air.

Penghargaan

Penghargaan ditujukan kepada pihak Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI) kerana artikel ini ditulis semasa penulis sedang melakukan cuti sabatikal dari 1 September 2019 hingga 31 Mei 2020.

Rujukan

- Ang, K. H. (2017). Land Use Land Cover Changes in Detection of Water Quality: A Study Based on Remote Sensing and Multivariate Statistics. *Hindawi Journal of Environmental and Public Health*, 2017, Article ID 7515130, 12 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2017/7515130>
- Ang, K. H. (2015). Kualiti Sumber Air di Malaysia: Satu Analisis. *Geografia Malaysia Journal of Society and Space*, 11(6), 98-108.
- APHA. (2005). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21nd edition. Washington: America Public Health Association (APHA).
- Asinwa, I. O., & Olajuyigbe, S. O. (2019). Water Quality Modification by Land Use Types in Watershed Ecosystems of Southwestern Nigeria. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13, 1343-1351.
- Azahan, A., Abdul Hadi, H. S., & Kadaruddin, A. (2008). Penilaian Makna Kualiti Hidup dan Aplikasinya dalam Bidang Pengurusan Persekutaran di Malaysia. *Akademika*, 72(1), 45-68.
- Ba, W., Du, P., Liu, T., Bao, A., Chen, X., Liu, J., & Qin, C. (2020). Impacts of Climate Change and Agricultural Activities on Water Quality in the Lower Kaidu River Basin, China. *J. Geogr. Sci.*, 30(1), 164-176 doi: <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1721-z>
- Baloshi, V., Gjoka, F., Collaku, N., Toromani, E., & Iaroslav, L. K. (2019). Relationship between Surface Water Quality and Land Use in Bovilla Watershed, Tirana Region. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(6), 4435-4441.
- Calijuri, M. L., Castro, J. S., Costa, L. S., Assemany, P. P., & Alves, J. E. M. (2015). Impact of Land Use/Land Cover Changes on Water Quality and Hydrological Behavior of an Agricultural Subwatershed. *Environ Earth Sci.*, 74, 5373–5382.
- Camara, M., Jamil, N. R., & Abdullah, A. F. (2019). Impact of Land Uses on Water Quality in Malaysia: A Review. *Ecological Processes*, 8, 10 pages <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0164-x>
- Cerqueira, T. C., Mendonça, R. L., Gomes, R. L., de Jesus, R. M., & da Silva, D. M. L. (2020). Effects of Urbanization on Water Quality in a Watershed in Northeastern Brazil. *Environ Monit Assess.*, 192(65), 17 pages.

- Chauhan, P., Rana, D., Bisht, A., & Sharma, U. (2016). Tourism Impact on Physico-Chemical Parameters of Mansar Lake, Jamu and Kashmir. *Journal of Global Biosciences*, 5(1), 3604-3610.
- Chaurasia, M., & Pandey, G. C. (2007). Study of Physico-Chemical Characteristic of Some Water Pond of Ayidhya Faizabad. *Journal of Environmental Pollution*, 27(11), 1019-1023.
- Chen, D., Elhadj, A., Xu, H., Xu, X., & Qiao, Z. (2020). A Study on the Relationship between Land Use Change and Water Quality of the Mitidja Watershed in Algeria Based on GIS and RS. *Sustainability*, 12, 3510; 20 pages. doi:10.3390/su12093510
- Chotpantarut, S., & Boonkaewwan, S. (2018). Impacts of Land Use Changes on Watershed Discharge and Water Quality in a Large Intensive Agricultural Area in Thailand. *Hydrological Sciences Journal*, 63(9), 1386-1407.
- Environment Protection Authority. (2017). *Environmental Quality Criteria Reference Document for Cockburn Sound*. Perth: Western Australia. Diperoleh daripada <http://www.epa.wa.gov.au>.
- Fashae, O. A., Ayorinde, H. A., Olusola, A. O., & Obateru, R. O. (2019). Landuse and Surface Water Quality in an Emerging Urban City. *Applied Water Science*, 9(25), 12 pages. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0903-2>
- Glavan, M., Bele, S., Curk, M., & Pintar, M. (2020). Modelling Impacts of a Municipal Spatial Plan of Land-Use Changes on Surface Water Quality-Example from Goriška Brda in Slovenia. *Water*, 12, 189, 21 pages. doi:10.3390/w12010189
- Hanizah, I., Norhaslina, H., Safiah @ Yusmah, M. Y., Asra Zaliza, A., & Muhammad Faiz, R. (2017). *Pembangunan Mampan Pelancongan Maritim di Pantai Timur Semenanjung Malaysia*. Kuala Lumpur: Penerbit Universiti Malaya.
- Jabatan Alam Sekitar. (2018). *Laporan Kualiti Alam Sekeliling 2017*. Putrajaya: Kementerian Sumber Asli & Alam Sekitar.
- Jabatan Alam Sekitar. (2015). *Indeks Kualiti Air*. 6 Mei 2019. Diperoleh daripada <https://www.doe.gov.my>
- Khandi, R. M., & Srivastava, S. (2016). Impact of Tourism on Water Quality Characteristics of Lidder Stream at Pahalgam, (J&K), India. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 1(1), 37-42.
- Kiper, T. (2013). Role of Ecotourism in Sustainable Development. Dlm. Ozyavuz, M. (ed), *Advances in Landscape Architecture* (ms. 773-802). London: IntechOpen Limited.
- Krishnakumar, B. V., Devangee, P. S., Amita, Y. M., & Nayan, K. J. (2017). Impact of Pollution on Aquatic Fauna of River Ecosystem: A Review. *International Journal of Current Advanced Research*, 6(10), 6518-6524.
- Mahmud, M. A., Hussain, K. A., Hassan, M., Jewel, A. R., & Shamsad, S.Z. (2017). Water Quality Assesment Using Physiochemical Parameters and Heavy Metal Concentrations of Circular Rivers in and Around Dhaka City, Bangladesh. *International Journal of Water Research*, 7(1), 9-23.
- Mohmadisa Hashim, Arijatul Wardah Ahmad, Nasir Nayan, Zahid Mat Said, Hanifah Mahat, Yazid Saleh & Koh Liew See. (2020). Penilaian Kualiti Air Bawah Tanah Berdasarkan Indeks Kualiti Air di Pulau Kapas, Marang, Terengganu. *eBangi Journal of Social Sciences & Humanities*, 17(6), 19-34
- Mohmadisa Hashim, Nasir Nayan, Yazid Saleh, Hanifah Mahat, Zahid Mat Said & Wee Fhei Shiang. (2018). Water Quality Assessment of Former Tin Mining Lakes for Recreational Purposes in Ipoh City, Perak, Malaysia. *Indonesian Journal of Geography*, 50(1), 25-33.

- Muhammad Barzani, G., Nazirah, Z., Rozlan, U., & Ahmad Dasuki, M. (2015). Analisis Kualiti Air Fiziko-Kimia dan Kandungan Mikrob di Hulu Sungai Langat, Selangor. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 19(5), 1072-1083.
- Nadiatul Adilah, A. A. G., & Nurul Nadia, H. (2019). Water Quality Status and Heavy Metal Contains in Selected Rivers at Tasik Chini due to Increasing Land Use Activities. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 712(2020) 012022, 9 pages. doi:10.1088/1757-899X/712/1/012022
- Nurain, M., & Ang, K. H. (2015). Kualiti Air Sungai UTM : Satu Penilaian Awal Berpandukan Enam Parameter Indeks Kualiti Air. *Geografia Malaysia Journal of Society and Space*, 11(1), 107-115.
- Nurhamizah Shaharudin. (2015). *Kesan Guna Tanah Terhadap Kualiti Air Tasik Rekreasi di Taman Tasik Taiping, Perak*. Tesis Sarjana Sastera, Jabatan Geografi & Alam Sekitar, Fakulti Sains Kemanusiaan, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjong Malim, Perak.
- Patil, P. N., Sawant, D. V., & Deshmukh, R. N. (2012). Physico-Chemical Parameters for Testing of Water – A Review. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(3), 1194-1207.
- Premlata, S. (2009). *Effects of Sub-Optimal Environment and PGR's on Metabolic Pattern of Certain Species of Cenchrus*. Tesis Ph.D Jai Narain Vyas University, Jodhpur, Rajasthan, India.
- Pejabat Daerah Ranau. (2019). *Laman Web Rasmi Pejabat Daerah Ranau*. 20 April 2019. Diperoleh daripada <http://ww2.sabah.gov.my/pd.rnu/>
- Rodríguez-Romero, A. J., Rico-Sánchez, A. E., Mendoza-Martínez, E., Gómez-Ruiz, A., Sedeño-Díaz, J. E., & López-López, E. (2018). Impact of Changes of Land Use on Water Quality, from Tropical Forest to Anthropogenic Occupation: A Multivariate Approach. *Water*, 10, 1518, 16 pages. doi:10.3390/w10111518
- Rosli, N., Gandaseca, S., Gerusu, G. J., Kueh, R. J. H., Ahmed, O. H., Idris, M. H., & Mohamad Pazi, A. M. (2020). Quality of Tropical River Water in Different Catchments of Canopy Cover. *The Malaysian Forester*, 83(1), 128-148.
- Song, Y., Song, X., Shao, G., & Hu, T. (2020). Effects of Land Use on Stream Water Quality in the Rapidly Urbanized Areas: A Multiscale Analysis. *Water*, 12, 1123, 20 pages. doi:10.3390/w12041123
- Suhaimi, S., Mohammad, A., Loh, A. L., & Norhayati, M. T. (2009). Kajian Indeks Kualiti Air di Lembangan Sungai Paka, Terengganu. *Sains Malaysiana*, 38(2), 125-131.
- Sukiman Sarmani. (1989). A Review on Water Quality of the Langat River Basin, Selangor. Dlm. Abdul Samad Hadi & Mazlan Othman (eds.). *Tropical Urban Ecosystem Studies Vol 6*. Technical report-working group on urban ecosystem Malaysia National MAB Committee.
- Tourism Malaysia. (2016). *Laporan Tahunan 2016*. Diperoleh daripada <http://www.tourismmalaysia.gov.my>.
- Wan Mohd Razi, I., Sahibin, A. R., Mohd Talib, L., Zulfahmi Ali, R., Tukimat, L., Low, Y.C., & Shahrinizam, M. Y. (2009). Indeks Kualiti Air di Sekitar Kawasan Lombong di Pelepas Kanan, Kota Tinggi, Johor. *Sains Malaysiana*, 38(4), 449-455.
- Wimbaningrum, R., Indriyani, S., Retnaningdyah, C., & Arisoesilaningsih, E. (2016). Monitoring Water Quality Using Biotic Indices of Benthic Macroinvertebrates along Surfaces Water Ecosystems in Some Tourism Areas in East Java, Indonesia. *J.Ind. Tour. Dev. Std.*, 4(2), 81-90.
- Yadav, S., Babel, M. S., Shrestha, S., & Deb, P. (2019). Land Use Impact on the Water Quality of Large Tropical River: Mun River Basin, Thailand. *Environ Monit Assess.*, 191, 614, 22 pages. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7779-3>