

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT ARSEN (As) PADA AIR, IKAN, KERANG, DAN SEDIMEN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI TONDANO TAHUN 2017

John Christian Mabuath, Sri Seprianto Maddusa*, Harvani Boky**

**Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*

ABSTRAK

Pencemaran lingkungan dapat terjadi baik di udara maupun di air. Di Indonesia sendiri banyak terjadi pencemaran air, khususnya di sungai. Air sungai sebagai salah satu sumber air yang biasa dimanfaatkan oleh masyarakat khususnya yang tinggal di Daerah Aliran Sungai (DAS). Pencemaran yang terjadi di aliran sungai dapat di akibatkan oleh bahan pencemar yang masuk kedalam aliran sungai tersebut. Salah satu bahan pencemar yang masuk yaitu logam berat. Arsen (As) merupakan salah satu logam berat yang menjadi bahan pencemar yang dapat merusak lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Daerah aliran sungai Tondano terdapat banyak lahan pertanian dan peternakan, serta terdapat beberapa industri bengkel otomotif, yang dapat menghasilkan limbah yang mengandung logam berat seperti As. Penelitian ini untuk mengetahui kandungan logam berat As pada air, ikan, kerang dan sedimen di daerah aliran sungai Tondano. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif berbasis laboratorium dengan menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Sampel air diambil di tiga titik dengan 2 kali yaitu pada pagi dan sore hari, sedangkan sampel sedimen, ikan, dan kerang hanya di ambil 1 kali pengambilan di 3 titik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sampel air pada sore hari yaitu di titik 1 = <0,0002 mg/l, titik 2 = <0,0002 mg/l, titik 3 = 0,013 sedangkan pada sore hari yaitu titik 1 = <0,0002 mg/l, titik 2 = <0,0002 mg/l, titik 3 = <0,0002mg/l. Sampel ikan titik 1 = <0,0002 mg/kg, titik 2 = <0,0002 mg/kg, titik 3 = 0,04 mg/kg. Sampel kerang titik 1 = 0,10 mg/kg, titik 2 = 0,15 mg/kg, titik 3 = 0,32 mg/kg. Sampel sedimen titik 1 = 3,019 mg/kg, titik 2 = 2,906 mg/kg, titik 3 = 1,386 mg/kg. Dari keseluruhan sampel yang diperiksa menunjukkan bahwa sampel air, ikan, kerang dan sedimen belum melebihi batas baku mutu yang ditetapkan.

Kata Kunci: *Arsen, Sungai, Air, Ikan, Kerang, Sedimen*

ABSTRACT

Environmental pollution could occur in the air and in the water. In Indonesia itself, water pollution occurrence is high, especially in river. Considering the river water as one water source that utilized by people who lived in watershed. Pollution occurred in river flow caused by contaminant who got into the river flow. One contaminant which got into is heavy metal. Arsenic is one of heavy metal, it can be a contaminant which can ruin the environment and affect human's health. Tondano watershed have much agricultural land and farms and has some automotive repair shop industry that can produce waste which contained heavy metal such as Arsenic. This research is to measure Arsenic heavy metal content in water, fish, shell and sediment in Tondano watershed. The method used in this research is descriptive, based on the laboratory examination on arsenic level using water, fish, shell and sediment as samples, used AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). The water samples were taken twice, in the morning and afternoon in three locations and at the same time the sediment, fish and shell samples were taken just once in three locations. The result of this research showed that water samples in the morning in first location= <0,0002 mg/l, second location= <0,0002 mg/l, third location= 0,013 the same time in the afternoon in first location= <0,0002 mg/l, second location= <0,0002 mg/l, third location= <0,0002 mg/l. The fish samples in first location= <0,0002 mg/kg, second location= <0,0002 mg/kg, third location= 0,04 mg/kg. The shell samples in first location= 0,10 mg/kg, second location= 0,15 mg/kg, third location= 0,32 mg/kg. The sediment samples in first location= 3,019 mg/kg, second location= 2,906 mg/kg, third location= 1,386 mg/kg. As the samples are examined, it showed that water, fish, shell and sediment samples had not exceeded the specified quality standard.

Keyword: *Arsenic, river, water, fish, shell, sediment*

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan dapat terjadi baik di udara maupun di air. Pencemaran di sungai dapat mengakibatkan rusaknya kualitas air dan ekosistem di dalamnya, dan secara tidak langsung dapat mempengaruhi kualitas hidup masyarakat di sekitaran daerah aliran sungai tersebut.

Pencemaran yang terjadi di aliran sungai dapat di akibatkan oleh bahan pencemar yang masuk kedalam aliran sungai tersebut. Salah satu bahan pencemar yang masuk yaitu logam berat. Arsen (As) merupakan salah satu logam berat yang menjadi bahan pencemar yang dapat merusak lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Masuknya As ke dalam lingkungan dapat di sebabkan secara alami maupun dari aktifitas manusia.

Secara alamiah As dapat masuk kedalam lingkungan melalui debu vulkanik yang dikeluarkan dari letusan-letusan gunung berapi, pelapukan bebatuan, dan mineral-mineral yang mengandung As yang kemudian masuk kedalam air tanah (Sembel, 2015).

Aktivitas manusia memiliki peran yang sangat besar dengan masuknya As ke dalam lingkungan, seperti produksi dan penggunaan As di dalam kegiatan industri, baik itu industri pengolahan biji logam, industri pestisida, serta industri pertambangan,

serta dapat berasal dari aktivitas pertanian yang menggunakan pupuk ataupun perstisida. As juga bisa masuk kedalam lingkungan melalui buangan limbah rumah tangga.

Daerah aliran sungai Tondano terdapat banyak lahan pertanian dan peternakan, serta terdapat beberapa industri bengkel otomotif, yang dapat menghasilkan limbah yang mengandung logam berat seperti As. Kegiatan rumah tangga pesisir sungai juga bisa menghasilkan limbah yang mengandung logam berat. Beberapa sumber pencemar logam berat As yang mungkin bisa mencemari daerah aliran sungai Tondano antara lain pestisida atau fungisida yang berasal dari sisa kegiatan pertanian, sisa dari pakan ternak yang mengandung bahan kimiawi, pembuangan oli bekas, sisa cat, baterai bekas rumah tangga atau baterai kendaraan bermotor (aki), serta limbah-limbah elektronik rumah tangga, dan lain sebagainya.

Penelitian mengenai kandungan As di perairan teluk Manado, dengan mengevaluasi aliran sungai yang masuk ke dalam teluk Manado, seperti Sungai Bailang, dan Sungai Tondano, yang di lakukan oleh Lasut, dkk (2016) mendapatkan hasil bahwa konsentrasi As Suspensi dan terlarut di Sungai Bailang yaitu $< 0,0005$ ppm, dan pada sungai Tondano yaitu $0,0012$ ppm (As

Suspensi), 0,0011 (As Terlarut). Tingginya konsentrasi As di aliran sungai Tondano disebabkan karena beberapa titik berada di bagian tepi sungai yang berhubungan langsung dengan daerah yang diduga merupakan sumber pencemar As, seperti kegiatan pertanian yang menggunakan pestisida.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif analitik berbasis laboratorium, dengan pemeriksaan kandungan Arsen (As) pada air, ikan, kerang, dan sedimen di daerah aliran sungai Tondano menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophometer*). Penelitian ini dilakukan selama bulan September – Oktober 2017.

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai Tondano dengan tiga titik pengambilan sampel. Dimana titik 1 diambil di Hulu sungai tepatnya di Desa Kiniar Tondano dengan titik koordinat pengambilan sampel yaitu 01°17' 21,05" LU dan 124°54' 51,48" BT, Titik 2 diambil di pertengahan sungai tepatnya di Desa Watutumou,

Minahasa Utara dengan titik koordinat pengambilan sampel yaitu 01°28' 5,12" LU dan 124°54' 10,84" BT, dan titik 3 diambil di Hilir sungai tepatnya Kelurahan Ketang Baru, Kecamatan Singkil Manado dengan titik koordinat pengambilan sampel yaitu 01°29' 16,21" LU dan 124°51' 7,56" BT. Lokasi pemeriksaan sampel diperiksa di laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAND).

Subjek dalam penelitian ini yaitu air, ikan, kerang, dan sedimen di daerah aliran sungai Tondano, dengan pengambilan sampel dilakukan di tiga titik. Untuk sampel air diambil 2 kali pengambilan pada pagi dan sore hari di setiap titik, sampel ikan diambil 1 ekor ikan di setiap titik, sampel kerang diambil ½ kg di setiap titik, dan sedimen diambil 1 kg di setiap titik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan As Pada Air

Hasil pemeriksaan kandungan As pada sampel Air dengan metode AAS di Laboratorium BARISTAND Manado mendapatkan hasil yaitu :

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kandungan Logam Berat As Di Perairan Sungai Tondano Pada Pagi Hari.

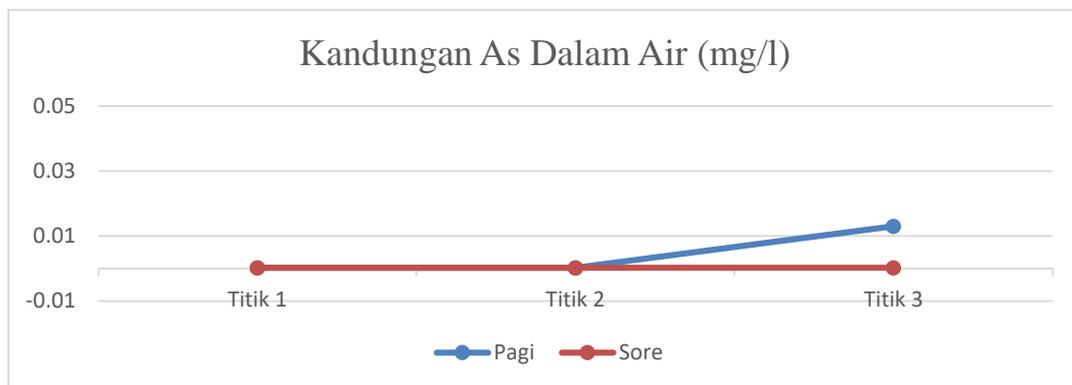
Titik Sampel	Hasil Penelitian (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket
1	<0,0002	0,05	MS
2	<0,0002	0,05	MS
3	0,013	0,05	MS

Keterangan : MS = Memenuhi Syarat

Tabel 2. Hasil pemeriksaan Kadar Cemar As di Perairan Sungai Tondano Kelurahan Ketang Baru pada Sore Hari.

Titik Sampel	Hasil Penelitian (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)	Ket.
1	<0,0002	0,05	MS
2	<0,0002	0,05	MS
3	<0,0002	0,05	MS

Keterangan: MS = Memenuhi Syarat



Gambar 1. Grafik Pemeriksaan Kandungan As Pada air

Hasil pemeriksaan kadar As dalam sampel air yang diambil pada pagi hari menunjukkan bahwa hasil pada titik 1 <0,0002 mg/l, hasil yang sama juga didapatkan pada titik 2 yaitu <0,0002 mg/l, sedangkan kadar As pada sampel air di titik 3 terjadi peningkatan yaitu 0,013 mg/l. Selanjutnya hasil pemeriksaan kadar As pada sampel yang di ambil sore hari didapatkan hasil yang sama yaitu <0,0002 mg/l. Hasil yang didapatkan pada sampel air yang di ambil dari tiga titik ini, baik yang diambil pada pagi maupun pagi sore hari masih memenuhi syarat yang ditentukan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan

Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu < 0,05 mg/l.

Hasil pemeriksaan kadar As pada titik 3 di pagi hari berbeda dengan titik 1 dan 2, hal ini dikarenakan pada daerah ini pemukiman warga lebih padat daripada titik 1 dan 2. Sehingga menghasilkan limbah rumah tangga yang lebih besar. Menurut Widowati, dkk. 2008, salah satu penyebab pelepasan As ke air adalah melalui aktifitas penduduk urban. Selanjutnya hasil pemeriksaan kadar logam berat As pada sampel air yang di ambil pada sore hari menunjukkan hasil yang sama pada titik 1, titik 2, dan titik 3. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan

sampel kondisi cuaca sedang hujan sehingga mengakibatkan arus di daerah aliran sungai cukup deras. Konsentrasi logam berat di perairan cenderung lebih rendah pada musim penghujan, hal ini dikarenakan air hujan dapat mengencerkan logam berat yang berada diperaian. As tidak rusak oleh lingkungan, hanya berpindah menuju air atau tanah yang dibawa oleh debu, hujan, atau alam. Beberapa senyawa As tidak bisa larut dalam air dan akhirnya akan mengendap di sedimen (Widowati, dkk. 2008).

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lasut,

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Cemarannya As Pada Ikan di Daerah Aliran Sungai Tondano.

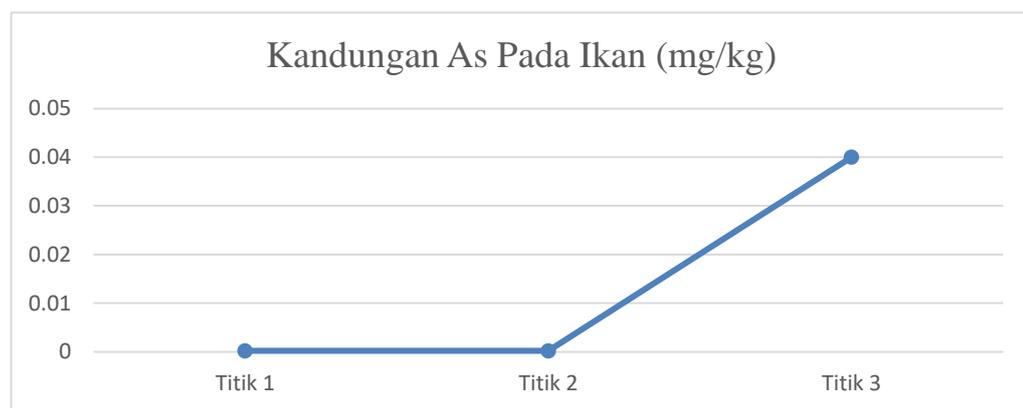
Titik Sampel	Hasil Penelitian (mg/l)	Baku Mutu (mg/kg)	Ket.
1	<0,0002	1,0	MS
2	<0,0002	1,0	MS
3	0,04	1,0	MS

Keterangan: MS = Memenuhi Syarat

dkk (2008) yang dilakukan di aliran sungai Tondano, dan mendapatkan hasil 0,0012 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan logam berat As di daerah aliran sungai Tondano masih memenuhi syarat yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu < 0,05 mg/l.

Kandungan As Pada Sampel Ikan

Hasil pemeriksaan kandungan As pada sampel ikan di DAS Tondano menggunakan metode AAS di laboratorium BARISTAND Manado mendapatkan hasil yaitu :



Gambar 2. Grafik Kandungan As Pada Ikan

Hasil pengujian kandungan logam berat As pada sampel ikan yang diambil di hulu sungai menunjukkan kandungan As adalah <0,0002 mg/kg, hasil yang sama juga didapatkan pada sampel ikan yang diambil di bagian tengah sungai yaitu <0,0002 mg/kg, sementara hasil pengujian kandungan As pada sampel ikan yang diambil di hilir sungai mengalami peningkatan yaitu 0,04 mg/kg. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kandungan logam berat As pada sampel ikan yang berada di daerah DAS Tondano masih berada di bawah nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional tentang Batas Maksimum Cemar Logam Arsen pada ikan yaitu <0,1 mg/kg. Logam berat seperti As yang masuk kedalam perairan akan mengendap dan terakumulasi pada sedimen, dan akan beraosiasi dengan sistem rantai makanan sehingga besar kemungkinan biota seperti ikan juga akan terakumulasi logam berat. Kandungan logam berat As dalam ikan

biasanya akan lebih tinggi dari pada kandungan As di perairan. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa kandungan As dalam perairan DAS Tondano, yaitu <0,0002 – 0,013 mg/l, jika dibandingkan dengan kandungan logam As pada ikan di DAS yaitu <0,0002 - 0,04 mg/kg, maka bisa dilihat bahwa kandungan logam As di ikan lebih besar dari pada kandungan As di perairan.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bahar, dkk. (2012), tentang Resiko Paparan Arsen Pada Masyarakat Sekitar Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep, menunjukkan bahwa rata-rata kandungan logam berat As dalam perairan yaitu 0,0063 mg/l, sedangkan kandungan logam As dalam ikan yaitu 1,1 mg/kg (*Clarias Baratus*), dan 0,039 mg/kg (*Cyprinus Carpio sp*). Penelitian yang dilakukan oleh bahar ini menunjukkan bahwa kandungan logam As pada ikan lebih tinggi dari pada kandungan logam As di Air.

Kandungan As Pada Sampel Kerang

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Kandungan Logam Berat As Pada Kerang di Daerah Aliran Sungai Tondano.

Titik Sampel	Hasil Penelitian (mg/kg)	Baku Mutu (mg/kg)	Ket.
1	0,10	1,0	MS
2	0,15	1,0	MS
3	0,32	1,0	MS

Keterangan: MS = Memenuhi Syarat



Gambar 3. Grafik Kandungan As Pada Kerang

Hasil penelitian kandungan logam berat As pada Kerang di titik 1 yaitu 0,10 mg/kg, di titik 2 yaitu 0,15 mg/kg, dan di titik 3 yaitu 0,32 mg/kg. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan As tertinggi berada di titik 3 yaitu 0,32 mg/kg, hal ini disebabkan karena aktifitas manusia di DAS lebih banyak terjadi di titik 3. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa di setiap titik pengambilan sampel hasil yang didapati tidak melebihi batas maksimum yang ditentukan BSN yaitu <math><1,0\text{ mg/kg}</math>. Kandungan As terendah terdapat di titik 1 yaitu daerah hulu dan kandungan As tertinggi terdapat di titik 3 yaitu daerah hilir DAS Tondano. Kadar As dalam kerang biasanya lebih tinggi dari pada hewan air lainnya.

Menurut Darmono, (2001) , Kerang dapat mengakumulasi logam lebih besar dari pada hewan air lainnya karena sifatnya yang menetap, lambat

untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu. Karena itu jenis kerang merupakan indikator yang sangat baik untuk memonitor suatu pencemaran lingkungan.

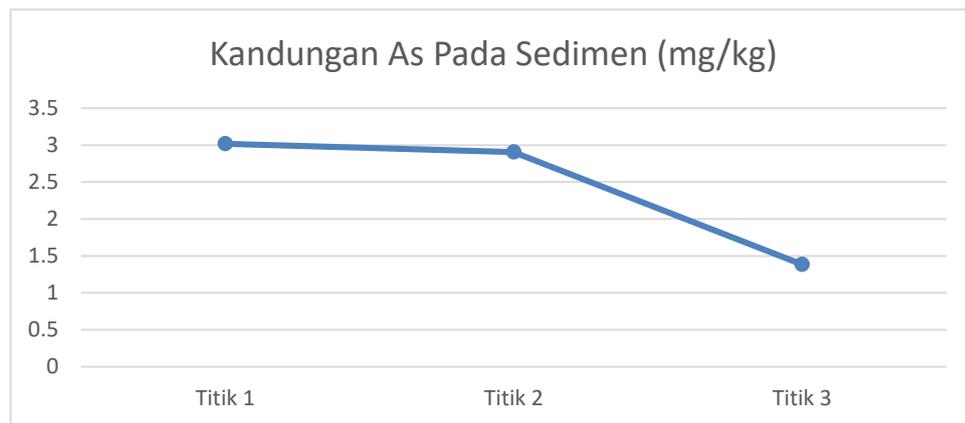
Penelitian ini sejalan juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Bahar, dkk (2012) tentang Resiko Paparan Arsen Pada Masyarakat Sekitar Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep, yang menunjukkan bahwa kandungan As dalam kerang (*Anadara ap*) yaitu 1,703 mg/kg, hasil ini lebih tinggi di bandingkan dengan kandungan As pada 2 jenis ikan yaitu 1,1 mg/kg (*Clarias Bartacus*), dan 0,0039 mg/kg pada ikan *Cyprinus Carpio sp*. Penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan As dalam kerang lebih tinggi dari kandungan As dalam ikan yang hidup di perairan tersebut.

Kandungan As Pada Sedimen

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Cemar As Pada Sedimen di Daerah Aliran Sungai Tondano.

Titik Sampel	Hasil Penelitian (mg/kg)	Baku Mutu (mg/kg)	Ket.
1	3,019	3,9	MS
2	2,906	3,9	MS
3	1,386	3,9	MS

Keterangan: MS = Memenuhi Syarat



Gambar 4. Grafik Kandungan As Pada Sedimen

Hasil pemeriksaan sampel sedimen pada titik 1 menunjukkan bahwa kadar As dalam sedimen yaitu 3,019 mg/kg, pada titik 2 yaitu 2,906 mg/kg, dan pada titik 3 kandungan As dalam sedimen yaitu 1,386 mg/kg. Kandungan As tertinggi berada di titik 1 yaitu bagian hulu sungai dengan konsentrasi As yaitu 3,019 mg/kg, dan kandungan As terendah berada di titik 3 yaitu bagian hilir sungai dengan konsentrasi As 1,386 mg/kg.

Tingginya konsentrasi As di titik 1 karena titik ini sangat dekat dengan pegunungan api. Menurut Sembel (2015), masuknya As kedalam lingkungan dapat melalui faktor alam

contohnya melalui debu vulkanik yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi, pelapukan dari bebatuan dan mineral-mineral yang mengandung As yang kemudian masuk kedalam air tanah. Masuknya As ke dalam perairan juga dapat berasal dari limbah pertanian seperti pembungaran pestisida, insektisida, herbisida, algisida, rodentisida, dan pupuk. (widowati, dkk. 2008). Mengingat aktivitas pertanian masyarakat di titik 1 sangat besar, maka kemungkinan As yang masuk ke dalam air, mengendap, dan terakumulasi dalam sedimen berasal dari buangan pestisida, serta pupuk yang mengandung As.

Kecilnya konsentrasi As di titik 3 yakni di hilir sungai, karena adanya aksi laut seperti gelombang pasang surut sehingga sedimen yang berada di muara sungai tertransport ke bagian laut sehingga konsentrasi As yang di dapatkan lebih kecil dari titik pertama.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kasan, dkk. (2015), tentang Telaah kandungan As Pada Sedimen di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo, yang mendapatkan hasil kandungan As di hulu sungai di Desa Hele yaitu 4 mg/kg, dan di Desa Bulili yang merupakan daerah muara sungai mendapatkan hasil kandungan As yaitu 2 mg/kg.

Hasil penelitian kandungan Logam As dalam sedimen di DAS Tondano masih memenuhi syarat yang di tentukan oleh *Pollution Control Department (Thailand)*, yaitu 3,9 mg/kg.

KESIMPULAN

1. Kandungan logam berat As pada sampel air di daerah aliran sungai Tondano, yang di ambil di tiga titik pengambilan yang di lakukan pada pagi hari dan sore hari masih memeuhi syarat yang di tetapkan oleh Peraturan Pemerintah nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu <0,005 mg/l.

2. Kandungan logam berat As pada sampel ikan di daerah aliran sungai Tondano, yang di ambil di tiga titik, masih memenuhi syarat berdasarkan standar baku mutu yang dipersyaratkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia tentang Batas Maksimum Cemar Logam As pada Ikan yaitu < 1,0 mg/kg.
3. Kandungan cemaran logam berat As pada sampel kerang di daerah aliran sungai Tondano menunjukkan bahwa sampel kerang yang ada di daerah aliran sungai Tondano masih di bawah bakumutu, berdasarkan standar baku mutu yang dipersyaratkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Merkuri pada Kerang yaitu < 1,0 mg/kg.
4. Kandungan logam berat As pada tiga titik pengambilan sampel sedimen di daerah aliran sungai Tondano, masih memenuhi syarat berdasarkan standar baku mutu yang dipersyaratkan oleh *Pollution Control Department Thailand*, tentang Batas Maksimum Kandungan Logam As pada Sedimen yaitu < 3,9 mg/kg.

SARAN

1. Air di daerah aliran sungai Tondano tidak dapat dikonsumsi sebagai air

- minum, karena air ini tidak memenuhi syarat secara fisik, biologi, maupun kimia.
2. Ikan yang terdapat di daerah aliran sungai Tondano telah mengandung logam berat As, tetapi masih bisa untuk dikonsumsi, namun tidak secara *continue* atau secara terus menerus. Hal ini dikarenakan sifat logam berat As tidak dapat terurai, dan bisa terakumulasi dalam tubuh.
 3. Kerang yang terdapat di Tondano telah mengandung logam berat As, tetapi masih bisa untuk dikonsumsi, namun tidak secara *continue* atau secara terus menerus. Hal ini dikarenakan sifat logam berat As tidak dapat terurai, dan bisa terakumulasi dalam tubuh.
 4. Perlu adanya pengurangan sumber masuknya As ke dalam air, seperti pestisida, serta limbah-limbah rumah tangga, agar tidak terjadi akumulasi As di daerah aliran sungai Tondano.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina T. 2014. *Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan*. TJP. Fakultas Teknik. UNNES
- Bahar N. Sri, Daud A, Indar. *Resiko Paparan Arsen Pada Masyarakat Sekitar Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep*. Jurnal Kesehatan Masyarakat. Makasar.
- Chandra, B. 2012. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan Toksikologi dengan Senyawa Logam*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia
- Kasan R, Rompas M. Rizald, Rumampuk D. C. Natalie. 2015. *Telaah Kandungan Arsen Pada Sedimen Di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo*. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kitong T. M, Abidjulu J, Koleangan S. J. H. 2012. *Analisis Merkuri (Hg), dan Arsen (As) di Sedimen Sungai Ranoyapo Kecamatan Amurang Sulawesi Utara*. Jurnal MIPA UNSRAT Online. Universitas Sam Ratulangi
- Lasut E. Henry, Kawung J. Nikson, Lasut T. Markus. 2016. *Kandungan Arsen (As), Berbentuk Suspensi Dan Terlarut, Di Perairan Teluk Manado*. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis. Universitas Sam Ratulangi.
- Mulia, MR. 2005. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Mukono H. J. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Palar H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: RinekaCipta
- Pollution Control Departmen*. Thailand.
- Ryadi, ALS. 2016. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rochyatun., Lestari., Rozak. 2004. *Kondisi Perairan Muara Sungai Digul dan Perairan Laut Arafura Dilihat dari Kandungan Logam Berat*. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia No. 36:15-31 ISSN 0125 - 9830.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 38 Tahun 2011. *Tentang Sungai*.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. 2001. Jakarta.
- Sembel T. D. 2015. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta. Andi Offset.
- Setiawan H. & Subiandono E. 2015. *Konsentrasi Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pesisir Provinsi Sulawesi Selatan*. Jurnal Indonesian Forest Rehabilitation. Vol (3).
- Standar Nasional Indonesia 7387:2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. Badan Standarisasi Nasional. ICS 67.220.20.
- Suparjo, MN. 2009. *Kondisi pencemaran Perairan Sungai Babon Semarang*. Jurnal Saintek Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang. Vol 4 (2).
- Sofarini Dini, Rahman Abdur, Ridwan Ichsan. 2010. *Studi Analisis Pengujian Logam Berat Pada Badan Air, Biota dan Sedimen Di Perairan Muara DAS Barito*. Jurnal Penelitian. Universitas Lambung Mangkurat.
- Wijayanti T. 2017. *Profil Pencemaran Logam Berat Pada Perairan Daerah Aliran Sungai (DAS) Grindulu Pacitan*. Skripsi. Program Studi Pendidikan Biologi. IKIP Budi Utomo Malang.
- Widowati, Sustiono, Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Andi Offset.