

Penentuan Kualitas Air Muara Sungai Batang Arau Melalui Pengujian *Total Dissolved Solid (TDS), Total Suspended Solid (TSS), dan Kandungan Logam Berat*

Charlie Ofiyen*, Dwi Puryanti

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 17 Maret 2022

Direvisi: 24 Maret 2022

Diterima: 1 April 2022

Kata kunci:

ICP

kandungan logam berat

konduktivitas listrik

TDS

TSS

Keywords:

ICP

heavy metal content

electrical conductivity

TDS

TSS

Penulis Korespondensi:

Charlie Ofiyen

Email: charlieofiyen@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi logam berat, suhu, pH, konduktivitas listrik, total padatan terlarut (TDS) dan total padatan tersuspensi (TSS) pada sampel air muara Sungai Batang Arau. Nilai konsentrasi logam berat diukur menggunakan alat *Inductively Coupled Plasma (ICP)*, suhu diukur menggunakan termometer, pH diukur menggunakan pH meter, konduktivitas listrik diukur menggunakan konduktiviti meter, TDS dan TSS ditentukan menggunakan metode gravimetri. Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata suhu sebesar 28,52 °C, pH sebesar 6,76, dan konduktivitas listrik sebesar 176,43 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai rata-rata TDS sebesar 1040,5 ppm. Berdasarkan PP. No. 82 Tahun 2001 nilai rata-rata TDS di muara Sungai Batang Arau telah melebihi standar baku mutu air kelas II yaitu sebesar 1000 mg/l. Nilai rata-rata TSS sebesar 204,9 ppm, juga telah melebihi baku mutu PP. No. 82 Tahun 2001 kelas II yaitu sebesar 50 mg/l. Nilai konsentrasi logam berat Cd, Cu, dan Hg di muara Sungai Batang Arau telah melebihi baku mutu yang ditetapkan PP. No. 82 Tahun 2001. Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kualitas air di muara Batang Arau telah terjadi pencemaran.

This study aims to determine the concentration of heavy metals, temperature, pH, electrical conductivity, totally dissolved solids (TDS), and total suspended solids (TSS) in the estuary samples of the Batang Arau River. The value of heavy metal concentration was measured using an inductively coupled plasma (ICP), the temperature was measured using a thermometer, pH was measured using a pH meter, electrical conductivity was measured using a conductivity meter, TDS and TSS were determined using the gravimetry method. The study results show that the average temperature value was 28.52, pH was 6.76, and electrical conductivity was 176.43 S/cm. The average value of TDS is 1040.5 ppm. Based on PP. No. 82 of 2001 the average TDS value at the estuary of the Batang Arau River has exceeded the class II water quality standard, which is 1000 mg/l. The average TSS value is 204.9 ppm, also exceeded the PP quality standard. No. 82 of 2001 class II is equal to 50 mg/l. The concentration values of Cd, Cu, and Hg heavy metals in the Batang Arau River estuary have exceeded the quality standards set by PP. No. 82 of 2001. From the results obtained, it can be concluded that the water quality in the Batang Arau estuary has been polluted.

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Muara Sungai Batang Arau berperan dalam menyokong pertumbuhan ekonomi masyarakat Kota Padang. Lokasi ini strategis sebagai sumber mata pencarian masyarakat, terutama pedagang dan nelayan. Selain itu juga menjadi tempat wisata karena adanya Jembatan Siti Nurbaya sekaligus menjadi lokasi pelabuhan kapal penumpang dan nelayan.

(Hunter, 2001) menyatakan bahwa dinamika kependudukan berpengaruh terhadap ketersediaan air bersih. Perairan muara Sungai Batang Arau saat ini berwarna coklat keruh dan berbau, serta banyak sampah yang menumpuk di permukaan air. Sesuai pernyataan tersebut, Muara Sungai Batang Arau termasuk dalam Kelurahan Batang Arau dimana pada tahun 2018 ke 2019 Kelurahan Batang Arau mengalami peningkatan penduduk sebesar 2.795 orang/km (Statistik, 2020). Kapal-kapal yang beroperasi serta perbaikan kapal seperti pengecatan ulang turut berperan dalam peningkatan kapasitas limbah. Aktivitas industri dan manusia di kawasan tersebut juga berperan meningkatkan limbah di perairan. Menurut Buku Badan Pusat Statistik Kota Padang dalam Angka 2021, jumlah perusahaan perdagangan menurut skala usaha di kota padang tahun 2009 hingga 2020 mengalami peningkatan. Aktivitas perdagangan ini memicu terjadinya pembuangan sampah dan limbah sembarangan. Hal ini merugikan masyarakat sekitar muara dan pemerintah Kota Padang karena kawasan ini merupakan ladang perekonomian dan cagar budaya Kota Padang.

(Putri, 2017) telah melakukan pengukuran suhu, Total Suspended Solid (TSS), pH dalam sampel air muara Sungai Batang Arau. Dari hasil penelitian didapatkan nilai yang masih berada dibawah standar baku mutu air yang ditetapkan. (Puryanti, 2012) telah melakukan analisis kandungan logam berat di perairan sekitar kawasan Muara Kota Padang. Hasil pengukuran konduktivitas rata-rata kisaran 156,52 μS hingga 175,408 μS , nilai tersebut masih berada di bawah nilai standar konduktivitas listrik untuk air yaitu 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai konsentrasi logam berat masih berada di bawah level baku mutu air golongan A yaitu sebesar 0,140 sampai 0,200 mg/l, sedangkan untuk logam berat merkuri telah melebihi baku mutu yang diizinkan yaitu 0,1400-0,2000 mg/l.

(Nasution and Afdal, 2016) telah melakukan pengukuran nilai TDS, konduktivitas listrik (EC), pH, dan kandungan logam berat Pb dan Fe di muara Sungai Batang Arau. Nilai rata-rata TDS sebesar 782,5 mg/l, yang melebihi kadar kontaminasi untuk air minum yaitu sebesar 500 mg/l. Nilai rata-rata konduktivitas listrik yang didapatkan sebesar 172,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nilai tersebut masih berada di bawah nilai standar konduktivitas listrik untuk air yaitu 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai rata-rata pH sebesar 6,7. Menurut Tyas (2014) dalam (Nasution and Afdal, 2016) nilai pH yang bernilai 6,5 - 7,5 tergolong air yang bersifat normal. Konsentrasi logam berat Fe dan Pb masih berada di bawah ambang baku mutu air yaitu 0,105 mg/l dan 0,005 mg/l.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, diketahui terdapat kandungan logam berat pada air. Konsentrasi logam berat dapat meningkat seiring berjalannya waktu dan banyaknya aktivitas manusia disekitar sungai. Oleh karena itu, akan dilakukan pengukuran nilai kandungan logam berat, suhu, pH, konduktivitas listrik, TDS, dan TSS. Penelitian ini perlu dilakukan kembali karena adanya peningkatan aktivitas manusia dan industri seperti peningkatan jumlah wisatawan yang berkunjung ke padang selama periode 2011 hingga 2019, peningkatan komoditi industri unggulan kota padang periode 2016 hingga 2019, peningkatan akomodasi hotel di kota padang tahun 2017-2019), Peningkatan jumlah perusahaan menurut bentuk badan hukum di kota Padang selama tahun 2015-2019 (Statistik, 2020).

II. METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ICP, pH meter, termometer, *conductivity meter*, *Global Positioning System* (GPS), neraca analitik, cawan penguap, oven, tanur, penjepit kertas saring, penjepit cawan, penangas air, pipet, gelas ukur, gelas plastik, botol jerigen, dan desikator. Bahan yang digunakan adalah kertas saring dengan ukuran pori 0,45 μm (standar filter for TSS/TDS testing in sanitary water analysis procedures), aquades (H_2O), asam nitrat (HNO_3), dan kertas label.

2.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan pada 3 stasiun yaitu muara, sumber air industri, dan sumber air alami. Kawasan muara diambil 10 titik pengambilan sampel, sumber air industri diambil 2 titik pengambilan sampel, dan sumber air alami diambil 2 titik pengambilan sampel. Pada seliap titik akan diambil 3 titik yaitu tepi kanan, tengah, dan tepi kiri. Sampel dimasukkan ke dalam botol jerigen

berukuran 1 liter lalu diberi tanda sesuai dengan kode sampel. Seluruh sampel dilakukan pengukuran kandungan logam berat, TDS, dan TSS, pengukuran suhu, pH dan konduktivitas listrik. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Lokasi objek penelitian
(Sumber: Google Maps.com)

2.2 Pengukuran Sampel

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer, nilai pH diukur menggunakan pH meter, konduktivitas listrik diukur menggunakan konduktiviti meter, dan kandungan logam berat ditentukan menggunakan ICP, serta pengukuran TDS dan TSS dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air (Pemerintah and OTONOM, 2001).

2.3 Pengolahan Data Hasil Pengukuran

Pengolahan data suhu, pH, dan konduktiviti meter dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata pengukuran sampel pada setiap titik pengambilan sampel. Kadar logam berat langsung didapat dari alat ICP. Apabila konsentrasi tinggi maka dipakai faktor pengenceran. Nilai TDS dan TSS dihitung menggunakan persamaan 1 berikut ini.

$$TSS = (A - B)/V \times 1000 \quad (1)$$

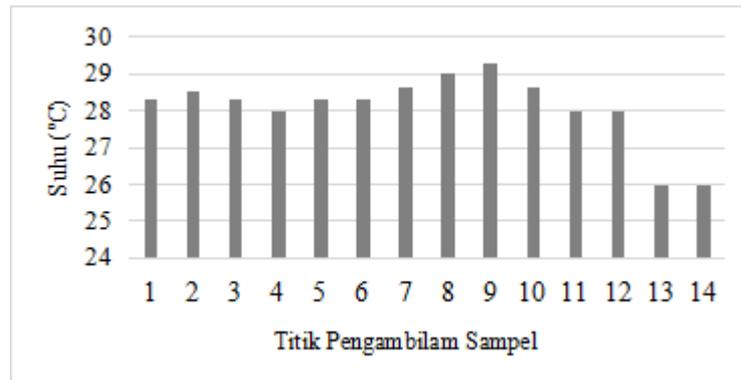
2.4 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan analisis data kuantitatif. Data yang telah diolah kemudian di bandingkan antara nilai yang diperoleh dari pengujian sampel air muara Sungai Batang Arau dengan standart baku mutu air yang sudah ditetapkan oleh pemerintah.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Suhu

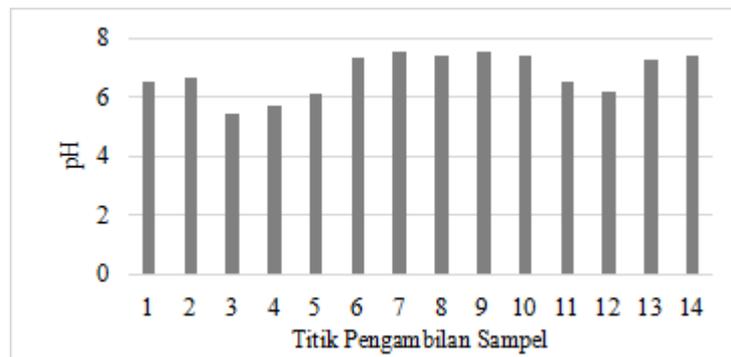
Nilai rata-rata total suhu di perairan muara Sungai Batang Arau adalah 28,52 °C. Nilai minimum suhu sebesar 26 °C yang terdapat di titik 13 dan 14 (Sumber Air Alami). Lokasi ini masih jarang aktivitas penduduk dan jauh dari area industri. Menurut (Suhmana, 2012), daerah hulu sungai merupakan daerah yang tinggi, sehingga memiliki tekanan udara yang rendah, akibatnya suhu udara maupun suhu air cenderung lebih rendah. Nilai maksimum suhu berada di muara Sungai Batang Arau tepatnya di titik 9. Rata-rata suhu di muara Batang Arau yaitu 28,52 °C, hal ini disebabkan karena muara Sungai Batang Arau menjadi tempat aktivitas perkapalan. Kondisi tersebut memicu pergerakan massa air tawar dari aliran sungai yang dengan mudah masuk ke perairan dekat pantai. Gerakan massa air ini yang dapat menimbulkan panas akibat terjadi gesekan antara molekul air sehingga suhu air di perairan dekat pantai lebih hangat dibanding dengan massa air di perairan lepas pantai (Tarigan, n.d.). Berdasarkan baku mutu air kelas 3 (PPRI No. 82 Tahun 2001), suhu air muara Sungai Batang Arau dan daerah aliran air industri telah melebihi ambang baku mutu yang diperbolehkan karena suhu rata-rata air melebihi suhu di udara sekitar yaitu 25 °C. Grafik nilai pengukuran suhu terhadap titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Grafik nilai pengukuran suhu terhadap titik pengambilan sampel

3.2 Derajat Keasaman (pH)

Hasil pengukuran pH menunjukkan nilai pH maksimum berada di muara yaitu kawasan perumahan yang ditunjukkan pada titik 7 yaitu sebesar 7,56. Nilai terendahnya berada di muara yaitu kawasan perkapalan yang ditunjukkan pada titik 3 dan 4 yaitu berturut-turut sebesar 5,43 dan 5,73. Nilai rata-rata pH di perairan muara Sungai Batang Arau sebesar 6,76. Grafik nilai pengukuran pH terhadap titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

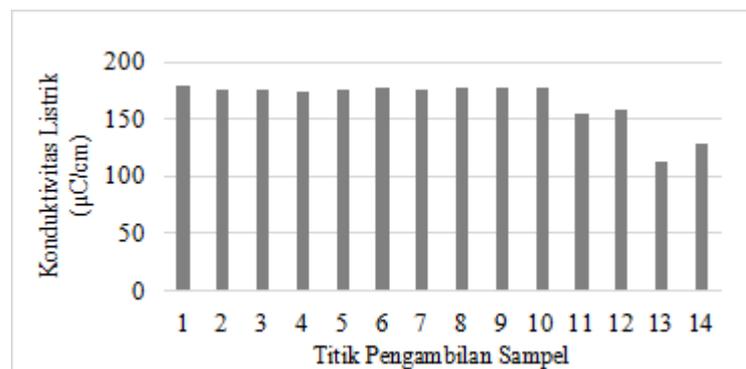


Gambar 3 Grafik nilai pengukuran pH terhadap titik pengambilan sampel

Berdasarkan PP. No. 82 Tahun 2001 nilai pH rata-rata muara Sungai Batang Arau, kawasan industri dan sumber air alami masih memenuhi standar baku mutu air kelas II yang diperuntukan sebagai sarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan pertanian yaitu rentang pH 6-9.

3.3 Konduktivitas Listrik

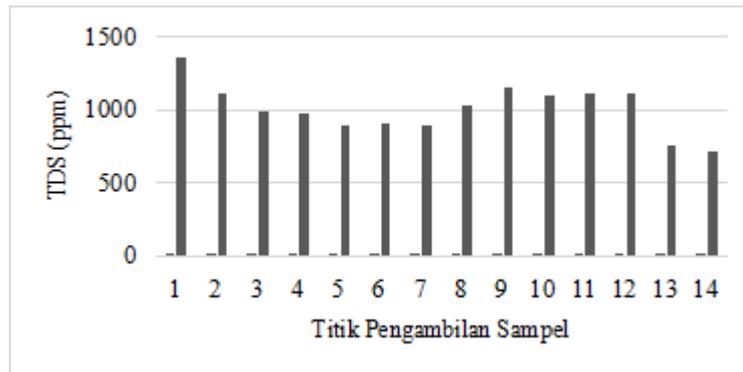
Hasil pengukuran menunjukkan nilai rata-rata konduktivitas listrik di muara Sungai Batang Arau sebesar 176,43 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai konduktivitas maksimum berada di titik 1 yaitu sebesar 179 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nilai terendah berada di titik 13 yaitu sebesar 112,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai tersebut masih berada di bawah nilai standar konduktivitas listrik untuk air yaitu 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Grafik nilai pengukuran konduktivitas listrik terhadap titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Grafik nilai pengukuran konduktivitas listrik terhadap titik pengambilan sampel

3.4 Total Disolved Solid (TDS)

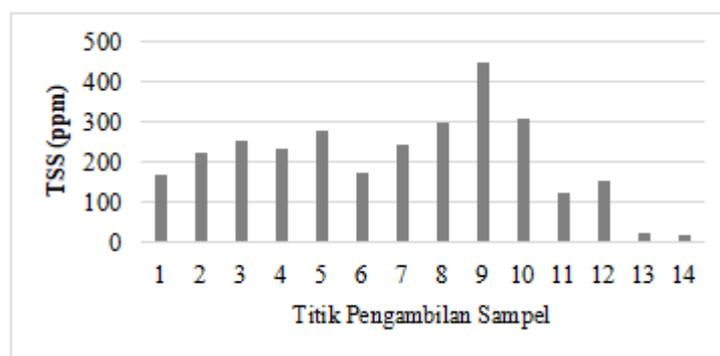
Nilai rata-rata TDS di muara Sungai Batang Arau sebesar 1040,5 ppm. Nilai TDS maksimum berada di titik 1 yaitu sebesar 1360 ppm. Nilai TDS terendah berada di titik 14 yaitu sebesar 708 ppm. Berdasarkan PP. No. 82 Tahun 2001 nilai rata-rata TDS di muara Sungai batang Arau telah melebihi standar baku mutu air kelas II (1000 ppm). Tingginya nilai TDS di daerah muara disebabkan karena aliran sungai dari sumber air alami dan sumber air industri mengalir ke muara Sungai Batang Arau, sehingga membuat limbah-limbah yang terkandung senyawa-senyawa organik menumpuk di hilir sungai. (Effendi, 2003) tingginya nilai TDS pada air laut dikarenakan banyak mengandung senyawa kimia, yang juga mengakibatkan tingginya nilai daya hantar listrik. Hal ini sesuai dengan tingginya TDS di titik 1, yang merupakan kawasan muara yang berbatasan langsung dengan laut. Grafik nilai pengukuran TDS terhadap titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Grafik nilai pengukuran TDS terhadap titik pengambilan sampel

3.5 Total Suspended Solid (TSS)

Nilai rata-rata TSS di muara Sungai Batang Arau sebesar 204,9 ppm. Nilai TSS maksimum berada di titik 9 yaitu sebesar 450 ppm. Tingginya nilai TSS di titik ini dipengaruhi oleh musim hujan yang menyebabkan debit air naik sehingga asupan material dari daratan mengalir terbawa ke DAS Batang Arau. Nilai TSS terendah berada di titik 14 yaitu sebesar 20 ppm. Nilai TSS di muara Sungai batang Arau semakin dekat dengan laut nilainya cenderung menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat (Irawati, 2011) jika nilai TSS menunjukkan penurunan ke arah laut, dikarenakan adanya pengenceran oleh air laut. Nilai rata-rata TSS di muara Sungai Batang Arau telah melebihi baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 kelas II. Grafik nilai pengukuran TSS terhadap titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



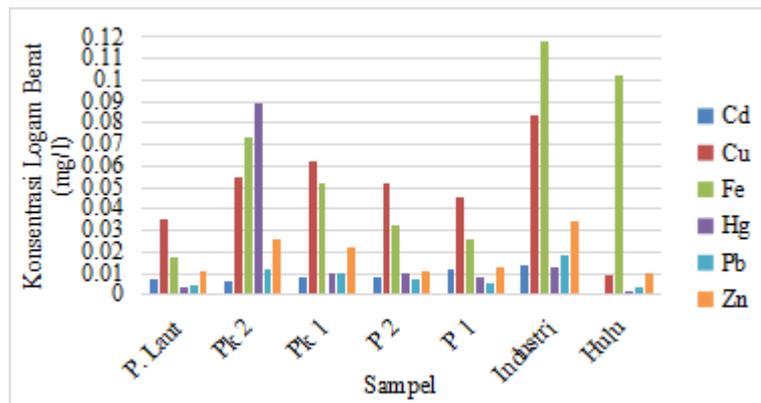
Gambar 6 Grafik nilai pengukuran TSS terhadap titik pengambilan sampel

3.6 Kandungan Logam Berat

Daerah sumber air alami menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat tertinggi yaitu Fe. Tingginya Nilai Fe ini disebabkan karena adanya proses antropogenik yaitu antara lain limbah pertanian dan perkebunan. Namun konsentrasi semua logam berat di sumber air alami masih berada dibawah baku mutu PP No. 8 Tahun 2001 yaitu sebesar 0,3 mg/L. Daerah sumber air industri menunjukkan bahwa nilai konsentrasi logam berat yang paling tinggi ke rendah berturut-turut yaitu Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, dan Hg. Gambar 7 menunjukkan bahwa rata-rata nilai konsentrasi logam berat paling tinggi berada di daerah industri. Kondisi ini disebabkan karena daerah ini menjadi aliran pembuangan

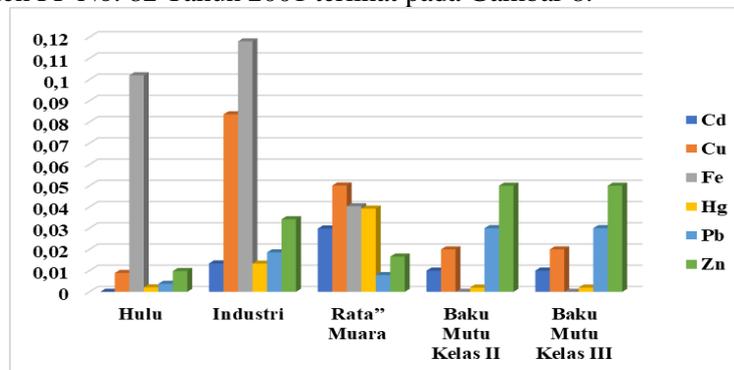
limbah dan sisa pembuangan bahan-bahan dari pabrik karet. Selain itu kawasan ini juga padat aktivitas penduduk.

Berdasarkan Gambar 7 konsentrasi logam berat pada bagian muara dari lokasi perumahan 1 (P1) hingga perkapalan 2 (Pk2) mengalami peningkatan. Menurut (Rochyatun and Rozak, 2010), penurunan pH akan menyebabkan daya racun logam berat di perairan semakin meningkat. Kondisi peningkatan logam berat di daerah muara sesuai dengan pernyataan tersebut, bahwa nilai pH dari lokasi P1 hingga Pk2 mengalami penurunan. Namun daerah sungai yang berbatasan langsung dengan laut memiliki konsentrasi logam berat yang lebih rendah dari pada daerah muara yang lainnya, hal ini diduga karena adanya pertemuan arus sungai dari hulu dan gelombang dari laut yang membuat polutan logam berat mengendap di lokasi Pk2. Kondisi ini sesuai dengan grafik pada Gambar 7, dimana konsentrasi logam berat tertinggi berada di lokasi Pk2 yang disebabkan karena aktivitas docking kapal. Grafik nilai konsentrasi logam berat pada setiap sampel dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Konsentrasi logam berat pada setiap sampel

Perbandingan nilai rata-rata konsentrasi kandungan logam berat Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, dan Zn di daerah muara, industri dan hulu di aliran muara Sungai Batang Arau dengan kriteria baku mutu air yang telah ditetapkan oleh PP No. 82 Tahun 2001 terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Perbandingan nilai konsentrasi logam berat Cd, Cu, Fe, Hg, Pb dan Zn di daerah muara, industri dan hulu di aliran muara Sungai Batang Arau dengan kriteria baku mutu air

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi kandungan logam berat sampel air sumber air alami masih berada dibawah ambang baku mutu air yang telah ditetapkan. Nilai konsentrasi logam berat Cu, Cd, Hg yang terdapat pada daerah sumber air industri telah melebihi baku mutu yang ditetapkan, dimana daerah tersebut terdapat pabrik karet. Menurut Hikmah et al. (2013) dalam (Ningsih *et al.*, 2014), endapan seperti lumpur limbah pabrik karet mengandung logam-logam berat diantaranya Pb, Cd, Fe, Cu, Mn, dan Cr. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa penyumbang tingginya konsentrasi logam berat Cu dan Cd di kawasan industri adalah aktivitas pembuangan limbah pabrik karet dan sisa pembuangan bahan-bahan ke aliran sungai tersebut. Nilai konsentrasi logam berat Cu, Cd, Hg yang terdapat pada daerah muara juga telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Konsentrasi logam berat Cd dan Hg mengalami peningkatan. Penyebab tingginya nilai konsentrasi logam berat Cd pada daerah muara ini karena daerah ini merupakan Kawasan aktivitas perkapalan dan docking kapal. Hal tersebut didukung dengan adanya beberapa kapal yang sedang dalam masa perbaikan di lokasi muara pada saat pengambilan sampel. Selain itu input logam berat Cd

juga dapat berasal dari limbah domestik yang mengandung logam berat Cd. Sedangkan kenaikan konsentrasi Hg diduga karena akibat dari pembuangan sisa industri yang tidak terkontrol dan aktifitas manusia yang banyak menggunakan merkuri.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata suhu, TDS, TSS, dan pH (titik 3 dan 4) perairan muara Sungai Batang Arau telah melebihi baku mutu air kelas II menurut PPRI No. 28 Tahun 2001. Berdasarkan baku mutu air kelas II menurut PPRI No. 28 Tahun 2001 perairan muara Sungai Batang Arau tidak dapat digunakan untuk rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan mengairi pertanaman. Nilai konsentrasi logam berat Cd, Cu, Hg di muara dan sumber air industri telah melebihi baku mutu yang ditetapkan PP No. 82 Tahun 2001. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selain aktivitas domestik dan perkapalan, peningkatan-peningkatan aktivitas manusia dan aktivitas industri juga menjadi penyebab pencemaran yang terjadi di muara Sungai Batang Arau. Perairan sumber air industri yang mengalir ke hilir sungai juga memberikan kontribusi terhadap pencemaran di muara.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, H. (2003), "Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan", Bogor Agricultural University (IPB).
- Hunter, L. (2001), "Population and environment: a complex relationship in population matters". *Research Brief*. Santa Monica, California: RAND Corporation.
- Irawati, N. (2011), "Hubungan produktivitas primer fitoplankton dengan ketersediaan unsur hara pada berbagai tingkat kecerahan di perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara", IPB (Bogor Agricultural University).
- Nasution, F.D. and Afdal, A. (2016), "Profil Pencemaran Air Sungai di Muara Batang Arau Kota Padang dari Tinjauan Fisis dan Kimia", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 5 No. 1, pp. 1–6.
- Ningsih, I.S.R., Lestari, W. and Azis, Y. (2014), "Fitoremediasi Zn Dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Karet Dengan Pemanfaatan Pistia Stratiotes L.", Riau University.
- Pemerintah, P. and OTONOM, K. (2001), "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001", *Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Puryanti, D. (2012), "Kajian Kualitas Air Permukaan di Sekitar Kawasan Muaro Kota Padang Menggunakan Parameter Konduktivitas dan Kandungan Logam Berat", *JURNAL ILMU FISIKA*, Universitas Andalas, Vol. 4 No. 2, pp. 40–45.
- Putri, W.A.E. (2017), "Kualitas Air Muara Sungai Batang Arau (Muara Padang) Sumatera Barat", *Jurnal Penelitian Sains*, Vol. 11 No. 2.
- Rochyatun, E. and Rozak, A. (2010), "Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan teluk Jakarta", *Makara Journal of Science*.
- Statistik, B.P. (2020), "Kota Padang", *Kota Padang Dalam Angka—Penyediaan Data Untuk Perencanaan Pembangunan*.
- Suhmana, D. (2012), "Dinamika Kualitas Air Pada Berbagai Penggunaan Lahan Di Sub DAS Cisadane".
- Tarigan, M.S And Edward. (2000), "Perubahan Musiman Suhu, Salinitas, Oksigen Terlarut, Fosfat Dan Nitrat Di Perairan Teluk Ambon". *Pesisir Dan Pantai Indonesia IV. Puslitbang Oseanologi-LIPI*, Jakarta, Vol. 77.