

Analisis Logam Berat Sedimen Wilayah Kota Balikpapan Berdasarkan *Geo-Accumulation Index (Igeo)*

¹Maria, ²Jamaluddin, ³Emi Prasetyawati Umar

¹Departemen Geofisika, Universitas Hasanuddin, Makassar

²Program Studi Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan

³Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

Jamaluddin@sttmigas.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 18-10-2023

Disetujui : 27-11-2023

Keywords:

Balikpapan; Indeks geokumulasi; Logam Berat; Sedimen



ABSTRACT

Abstract: Balikpapan City, East Kalimantan as a buffer zone of Indonesia's new National Capital City (IKN) has a big challenge on environmental aspects, especially heavy metal pollution in Balikpapan City sediments. This study was conducted to determine the concentration and the status of heavy metal pollution level in sediments of Balikpapan City based on geo-accumulation Index (Igeo) using geochemistry data. The samples used in the study were 20 sediment samples from 6 sampling locations in Balikpapan City. The particle size of sediment found in the study area is coarse to very fine which consists of sandy clay, Quartz sand, siltstone, coal embedded, and lignite. Based on the results of geo-accumulation index (Igeo) calculation, it is obtained that the metals Cr, Ni, Cu, and Zn are in class 0 ($I_{geo} \leq 0$) indicating that sediment samples in Balikpapan City area are not polluted by these metals, and the metals Cd, Pb, Fe and Mn have a high value ($I_{geo} \geq 6$) indicating that these metals are extreme polluted in sediments of Balikpapan City area.

Abstrak: Kota Balikpapan, Kalimantan Timur sebagai zona penyangga Ibu Kota Negara (IKN) baru Indonesia memiliki tantangan besar pada aspek lingkungan terutama pencemaran logam berat yang terdapat pada sedimen di wilayah Kota Balikpapan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dan status tingkat pencemaran logam berat dalam sedimen Kota Balikpapan berdasarkan *Geoaccumulation Index (Igeo)* menggunakan data geokimia. Sampel yang digunakan dalam penelitian tersebut berjumlah 20 sampel sedimen dari 6 titik lokasi pengambilan sampel di wilayah Kota Balikpapan. Ukuran partikel sedimen yang terdapat pada daerah penelitian berukuran kasar hingga sangat halus yang terdiri atas lempung pasir, pasir kuarsa, batulanau, sisipan batubara, dan lignit. Berdasarkan hasil perhitungan indeks geokumulasi (Igeo) didapatkan untuk logam Cr, Ni, Cu, dan Zn kurang dari nol ($I_{geo} \leq 0$) yang mengindikasikan bahwa sampel sedimen pada wilayah Kota Balikpapan tidak terpolusi oleh logam ini, sedangkan logam Cd, Pb, Fe dan Mn mempunyai nilai yang tinggi ($I_{geo} \geq 6$) yang mengindikasikan logam tersebut ekstrim tercemar pada sedimen wilayah Kota Balikpapan.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



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

A. LATAR BELAKANG

Logam berat adalah kelompok unsur logam dengan massa jenis lebih besar dari 5 gr/cm³ yang terbentuk secara alami di kulit bumi yang memiliki sifat sulit degradasi atau dihancurkan sehingga dapat berbahaya karena dapat mengalami proses bioakumulasi (Darmono, 1995; Yudo, 2006; Jarup, 2003; Kar dkk., 2008). Sedimen yang telah mengalami proses pelapukan secara alami akan mengandung logam berat di dalamnya seperti Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn dan Zn yang harus mendapatkan perhatian besar karena dapat mengakibatkan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan (Aloupi dan Angelidis, 2001; Frank, 2006). Logam berat yang terakumulasi dalam sedimen dapat berasal dari sumber alami seperti pelapukan batuan dan deposisi atmosfer.

Kota Balikpapan, Kalimantan Timur sebagai Buffer Zone (Zona Penyangga) bagi Ibu Kota Negara (IKN) baru memiliki tantangan besar pada aspek lingkungan terutama pencemaran logam berat akan berbahaya bagi kehidupan. Kandungan logam berat pada sedimen di muara sungai Manggar memiliki kandungan Cd tergolong tinggi dan sudah melewati ambang baku mutu (Dewi dkk., 2018). Konsentrasi logam berat yang terdapat pada sedimen di pesisir Teluk Balikpapan yaitu Pb 2,5-2,6 mg/Kg, Cu 1,28 -1,5 mg/Kg, As 0,3-0,4 mg/Kg belum melewati standar baku mutu sedangkan konsentrasi Cd telah melewati standar baku mutu yang berkisar antara 2,4-2,6 mg/Kg (Sitorus dkk., 2020).

Topografi wilayah Kota Balikpapan terdiri atas perbukitan yang bergelombang ± 85 % dengan jenis tanah podsolik merah kuning (haplik) dan lapisan topsoilnya tipis serta struktur tanah mudah tererosi, dan ± 15 % merupakan daerah dataran yang terletak di sepanjang Pantai Timur dan Selatan. Wilayah Kota Balikpapan dipengaruhi oleh struktur perlipatan yaitu antiklin dan sinklin yang berarah timur laut dan barat daya (Luthfi dan Sunarwan, 2009). Berdasarkan peta geologi lembar Balikpapan, wilayah Kota Balikpapan tersusun atas empat satuan batuan yaitu (Karya, 2016) (Gambar 1):

a) Satuan endapan pasir (Alluvial)

Satuan endapan pasir pada wilayah Kota Balikpapan terdiri atas material pasir, lempung dan lumpur yang terbentuk pada lingkungan sungai dan pantai yang tersebar disepanjang pantai timur dari Kota Balikpapan terutama daerah Manggar, Lamaru, Teritip dan disekitar Sungai Wain dan Sungai Somber.

b) Formasi Kampungbaru (tpkb)

Formasi Kampungbaru memiliki ketebalan 700 – 800 m yang terdiri atas batu lempung pasiran, pasir kuarsa, batu lanau, sisipan batubara, napal, batu gamping dan lignit yang diendapkan di lingkungan delta dan laut dangkal. Formasi ini tersebar di wilayah Kecamatan Balikpapan Barat, Balikpapan Utara, Balikpapan Tengah dan Balikpapan Timur (Hidayat dan Umar, 1994).

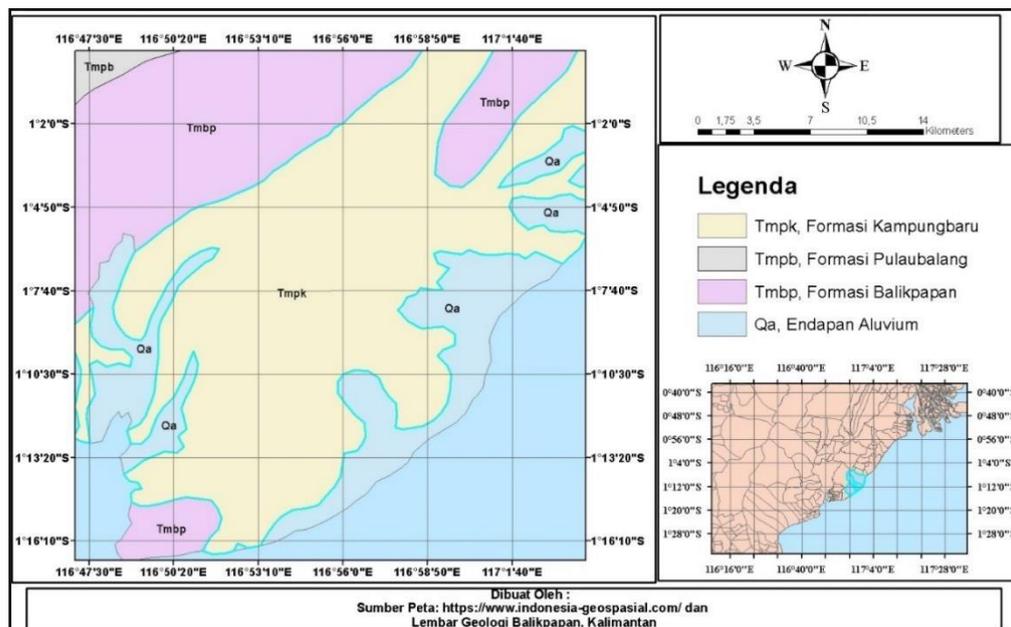
c) Formasi Balikpapan (Tmbp)

Formasi Balikpapan memiliki ketebalan ±2000 m dengan lingkungan pengendapan muka daratan - delta. Formasi Balikpapan pada endapan permukaan terdapat perselingan batu pasir kuarsa, batu lempung lanauan dan serpih dengan sisipan napal, batu gamping dan batubara. Formasi ini tersebar di sebagian bagian barat laut dan barat daya Kota Balikpapan yang meliputi Kecamatan Balikpapan Selatan, Kecamatan Balikpapan Tengah dan Sebagian Kecamatan Balikpapan Barat.

d) Formasi Pulau Balang (Tmpb)

Formasi tersebut terdiri dari batupasir kuarsa, batupasir gampingan, batu lanau dengan sisipan batubara yang diperkirakan terjadi di daerah pro-delta. Formasi Pulau

Balang terdapat di bagian ujung barat laut wilayah Kota Balikpapan yang berbatasan dengan wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian (Hidayat dan Umar, 1994).

Wilayah Kota Balikpapan banyak dijumpai singkapan batubara yang kemungkinan bisa menjadi sumber unsur logam mayor seperti Zn, Cu, Mn, Pd, Cr, Hg, Co, V, Se dan As. Logam-logam mayor tersebut dapat meningkat bahayanya jika kandungannya melebihi ambang batas normal. Kurangnya penelitian tentang kandungan logam berat dan juga status pencemaran sedimen pada wilayah Kota Balikpapan, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dan status tingkat pencemaran logam berat dalam sedimen Kota Balikpapan berdasarkan *Geoaccumulation Index* (Igeo). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang tingkat kontaminasi sedimen logam berat yang dapat mempengaruhi aspek lingkungan.

B. METODE PENELITIAN

1. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kota Balikpapan dengan 6 (enam) titik lokasi pengambilan sampel (Gambar 2). Sampel sedimen kemudian dilakukan pengujian laboratorium menggunakan *Portable X-ray fluorescence* (pXRF) (Kalnicky dan Singhvi, 2001). Variabel utama dari penelitian ini yaitu logam berat yang meliputi Aluminium (Al), Besi (Fe), Kadmium (Cd), Krom (Cr), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb).

2. Analisis Data

Analisa data dilakukan dengan menghitung tingkat pencemaran logam berat pada sedimen di wilayah Kota Balikpapan dengan menggunakan indeks geo-akumulasi (*geo-accumulation index- Igeo*). Igeo dihitung dengan mengalikan background value B_n (tabel 1) dengan sebuah bilangan (konstanta) 1.5 digunakan karena kemungkinan adanya variasi nilai dalam latar seperti adanya pengaruh antropogenik (Shams dkk., 2012; Rabee dkk., 2011). Dimana C_n merupakan konsentrasi logam n dalam sampel sedimen.

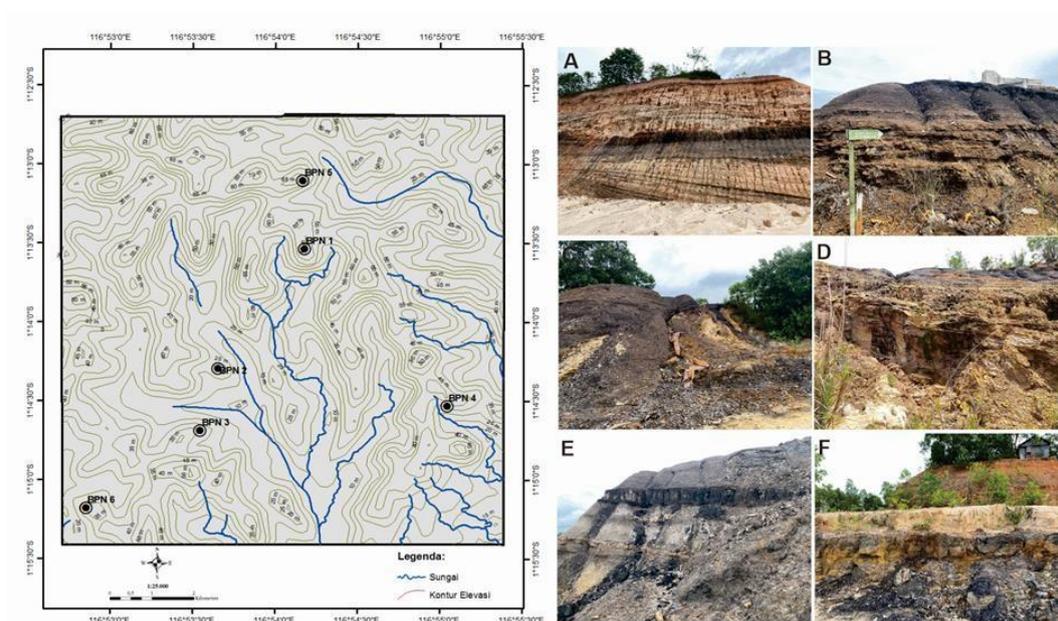
$$I_{geo} = \text{Log}_2 \left[\frac{C_n}{1.5 \times B_n} \right] \tag{1}$$

Tabel 1. Nilai konsentrasi normal logam X di alam (Bn) (Turekian dan Wedepohl, 1961)

Logam	Background value (Bn) (µg/g)
Al	80.000
Fe	47.200
Cr	90
Cd	0.3
Cu	45
Mn	850
Ni	68
Pb	20

Tabel 2. Kriteria tingkat pencemaran berdasarkan indeks geo-akumulasi (Igeo)

Indeks geo-akumulasi (Igeo)	Kualitas sedimen
$I_{geo} \leq 0$	Tidak tercemar
$0 < I_{geo} \leq 1$	Tidak tercemar sampai tercemar sedang
$1 < I_{geo} \leq 2$	Tercemar sedang
$2 < I_{geo} \leq 3$	Tercemar sedang hingga sangat tercemar
$3 < I_{geo} \leq 4$	Sangat tercemar
$4 < I_{geo} \leq 5$	Sangat tercemar hingga ekstrim tercemar
$I_{geo} \geq 6$	Ekstrim tercemar



Gambar 2. Peta titik lokasi pengambilan sampel. Terdapat 6 (enam) titik lokasi pengambilan sampel yang dilakukan di wilayah Balikpapan Selatan. Enam titik tersebut yaitu (a). Perumahan Balikpapan Regency (BPN 1), (b). Perusda (BPN 2), (c). Gedung Kesenian Balikpapan (BPN 3), (d). Perumahan Prona (BPN 4), (e). Perumahan Bukit Lestari (BPN 5) dan (f). Perumahan Kartini Residence (BPN 6).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Sedimen

Berdasarkan peta geologi lembar Balikpapan, daerah penelitian berada pada Formasi Kampung Baru yang tersusun atas lempung pasiran, pasir kuarsa, batu lanau, sisipan batubara, dan lignit. Sedimen yang terdapat pada daerah penelitian didominasi lempung dengan sisipan batulanau berstruktur *lamination-cross bedding* dan sisipan batubara. Batubara yang terdapat pada wilayah Kota Balikpapan dipengaruhi oleh proses reduksi yang terbentuk secara bersamaan dengan sedimen klastik halus seperti batulempung, batulanau dan batupasir (Gambar 3).

Ukuran partikel sedimen yang terdapat pada daerah penelitian berukuran kasar hingga sangat halus. Semakin halus ukuran sedimen maka semakin besar kapasitas absorpsi logam berat yang terdapat pada daerah tersebut (Zanganeh dkk., 2008). Hal ini dapat menyebabkan proses distribusi logam berat dalam sedimen, konsentrasi logam berat yang tinggi terdapat dalam sedimen berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya (Friedman dan Sanders, 1978; Sukandarrumidi, 2009).



Gambar 3. Karakteristik sedimen daerah penelitian pada wilayah Kota Balikpapan.

2. Distribusi Logam Berat

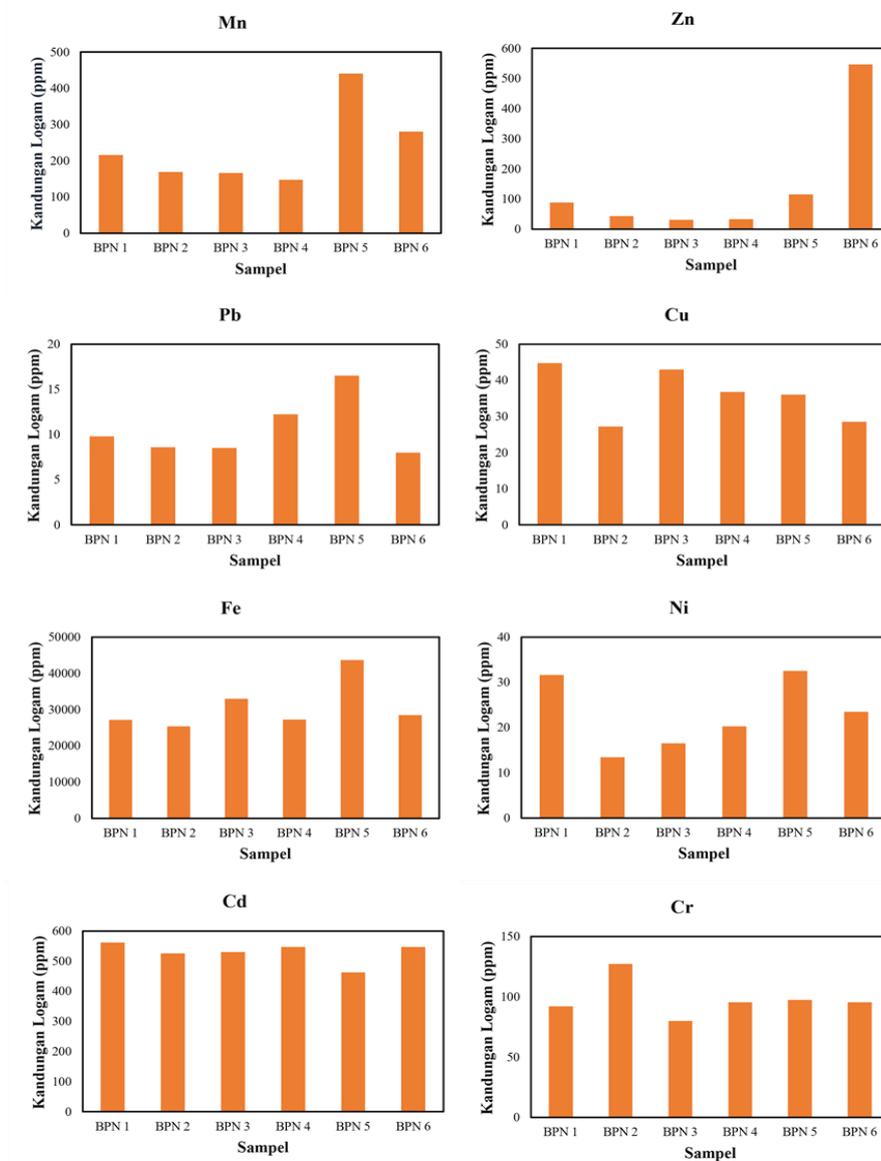
Di sekitar titik lokasi pengamatan ini merupakan wilayah pemukiman padat penduduk dengan berbagai macam aktivitas manusia yang terjadi di sekitar lokasi sampling. Hasil pengukuran kandungan logam berat Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, dan Mn dalam sedimen wilayah Kota Balikpapan disajikan pada Tabel 3. Konsentrasi unsur Fe yang terdapat pada sedimen di wilayah Kota Balikpapan relatif tinggi berkisar 4991 – 48.580 ppm. Hal tersebut dikarenakan besi merupakan salah satu bahan metal dengan konsentrasi tinggi di alam (Singovszka, 2017). Selain itu, Kota Balikpapan sebagai Kota industri dengan tingginya penggunaan besi pada berbagai produk yang berpotensi sebagai bahan polutan yang dapat mencemari sedimen pada daerah tersebut. Selain unsur Fe, nilai konsentrasi Cd pada sedimen melebihi ambang batas yang kemungkinan berasal dari batubara yang banyak dijumpai pada daerah tersebut.

Tabel 3. Kadar logam berat dalam Sedimen di wilayah Kota Balikpapan

Unsur	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
Rata-rata	101.30	22.55	36.1	62.1	535.35	10.35	29093	214
Minimum	65	2	19	12	434	2	4991	86.24

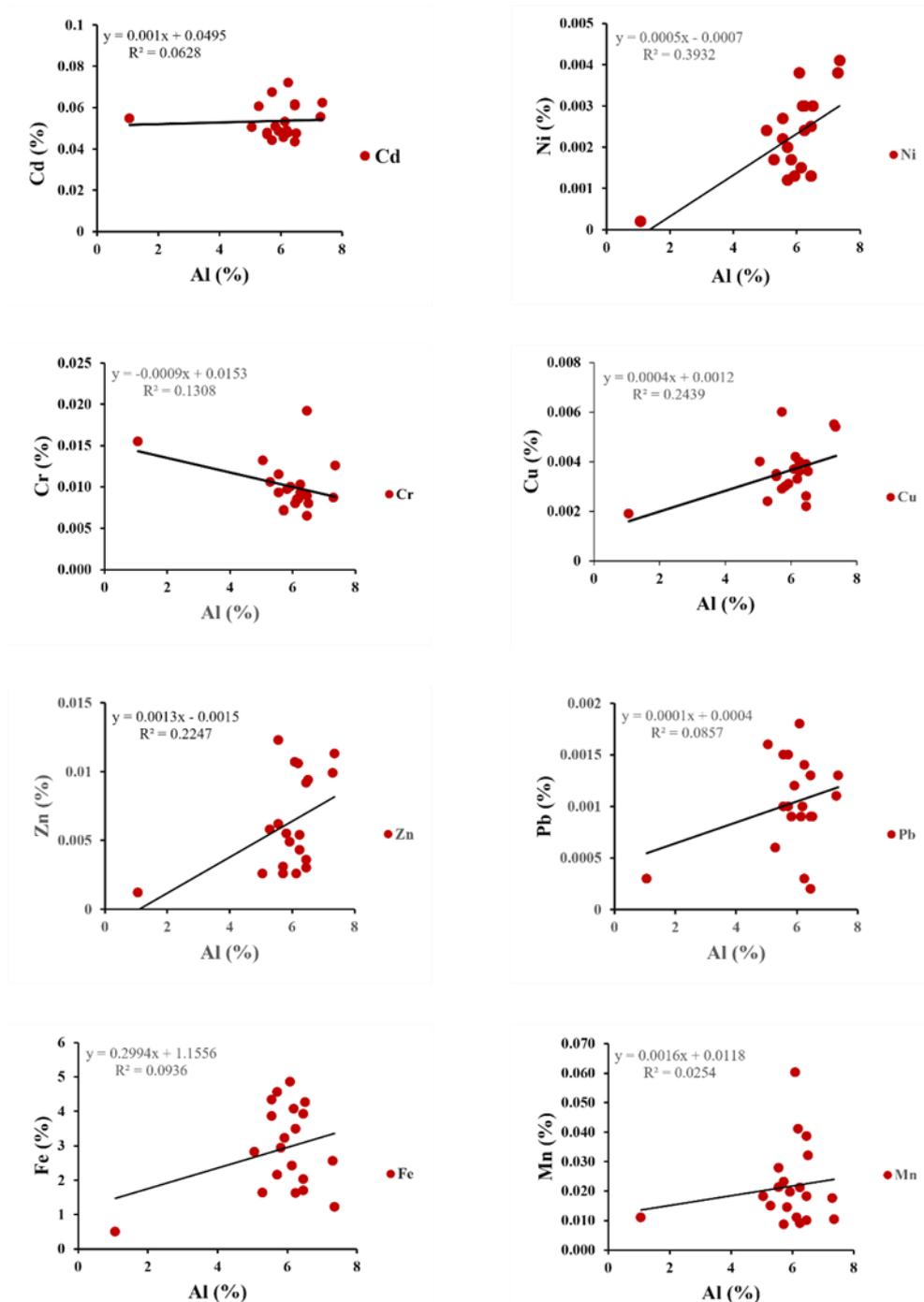
Maksimum	192	41	60	123	721	18	48580	603.1
Igeo	-0.41	-2.18	-0.90	-1.20	10.22	7.11	30	16.9
Igeo Kelas	0	0	0	0	6	6	6	6

Berdasarkan perhitungan indeks geoakumulasi didapatkan untuk logam Cr, Ni, Cu, dan Zn berada di kelas 0 yang mengindikasikan bahwa sampel sedimen pada wilayah Kota Balikpapan tidak terpolusi oleh logam ini, sedangkan logam Cd, Pb, Fe dan Mn berada pada kelas 6 yang mengindikasikan logam tersebut ekstrim tercemar pada sedimen wilayah kota Balikpapan. Nilai rata-rata konsentrasi logam berat yang tertinggi dominan terdapat pada sampel lokasi 5 (Gambar 4). Hal tersebut disebabkan karena sedimen pada lokasi 5 didominasi dengan lempung berwarna hitam dan singkapan batubara. Selain faktor antropogenik sebagai sumber polutan, kejadian alami seperti pelapukan juga dipertimbangkan sebagai faktor penambahan logam berat. Keberadaan logam berat pada sedimen dapat menjadi polutan apabila konsentrasinya melebihi ambang batas yang ditentukan.



Gambar 4. Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, dan Mn dalam sedimen wilayah Kota Balikpapan.

Pada gambar 5 menggambarkan distribusi dan konsentrasi logam yang diteliti dalam hubungannya terhadap logam aluminium. Dari data-data tersebut sangat bervariasi yang dapat dilihat Cd ($r^2 = 0.0628$), Ni ($r^2 = 0.3932$), Cr ($r^2 = 0.1308$), Cu ($r^2 = 0.2439$), Zn ($r^2 = 0.2247$), Pb ($r^2 = 0.0857$), Fe ($r^2 = 0.0936$) dan Mn ($r^2 = 0.0254$). Hal tersebut mengindikasikan bahwa sampel sedimen pada daerah ini sudah terkontaminasi oleh logam berat. Aluminium merupakan unsur yang konservatif dan merupakan konstituen mayor dari mineral aluminosilikat dan telah digunakan sebagai unsur referensi untuk mengkaji pengayaan logam berat oleh beberapa peneliti (Subramanian dkk.,1990; Cox dkk., 1995; Rubio dkk., 2000). Unsur Al digunakan untuk plot hubungan terhadap logam lain pada sedimen dikarenakan untuk menormalisasikan konsentrasi logam.



Gambar 5. Hubungan Al terhadap logam lain pada sedimen.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Sedimen yang terdapat pada daerah penelitian berukuran kasar hingga sangat halus yang terdiri atas lempung pasir, pasir kuarsa, batulanau, sisipan batubara, dan lignit. Sedimen tersebut mengindikasikan bahwa terdapat kontaminasi dengan logam berat seperti Cd, Pb, Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, dan Zn yang berasal dari batubara yang terdapat pada wilayah Kota Balikpapan dan aktivitas manusia. Berdasarkan dari nilai indeks geoakumulasi, terdapat 4 (empat) unsur logam berat yang mempunyai nilai tinggi ($I_{geo} \geq 6$) yaitu Cd, Pb, Fe, dan Mn yang mengindikasikan logam tersebut ekstrim tercemar di daerah penelitian. Sedangkan 4 (empat) unsur lainnya seperti Cr, Ni, Cu, dan Zn memiliki nilai indeks geoakumulasi kurang dari nol ($I_{geo} \leq 0$) yang mengindikasikan logam tersebut tidak tercemar pada daerah penelitian. Pencemaran Logam berat Cd, Pb, Fe, dan Mn perlu adanya perhatian serius mengingat akan timbulnya dampak buruk bagi keseimbangan lingkungan. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa melakukan wawancara terhadap masyarakat yang berada di sekitar wilayah daerah penelitian sehingga mendapatkan informasi tentang dampak logam berat yang diakibatkan terhadap lingkungan sekitar. Selain itu, dapat mengetahui informasi tentang pengelolaan limbah dari kegiatan antropogenik yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada tim Prodi Geologi STT Migas Balikpapan atas kolaborasi penelitian yang telah dilakukan dan juga Laboratorium Sedimentologi University of Vienna, Austria yang telah membantu kegiatan analisis sampel.

REFERENSI

- Aloupi, M., Angelidis, M.O., (2001). Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the island of Levos, Aegean Sea. *Environmental Pollution*. 113: 211- 219.
- Cox, R., Lowe, D.R., And Cullers, R.L. (1995). The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59; 2919–2940. [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00185-9](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(95)00185-9).
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press
- Dewi, G.A., Samson, S.A., dan Usman, U., (2018). Analisis kandungan logam berat Pb dan Cd di Muara Sungai Manggar Balikpapan. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan*. 12 (2): 117- 124
- Friedman, G.M. dan Sanders, J.E. (1978). *Principles of Sedimentology*. New York: Wiley.
- Frank, Lu C., (2006). *Toksikologi Dasar*. Jakarta: UI Press
- Hidayat, S., Umar, I., (1994). *Peta Geologi Lembar Balikpapan, Kalimantan Timur*. Bandung: PusatSurvei Geologi
- Kar. D, Sur. P, Mandai. S.K. Saha, T, Kole R. K., (2008): Assessment of heavy metal pollution in surface water. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 5: 119–124.
- Jarup L., (2003). Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull.* 68 (1): 167–182
- Kalnicky, D.J., Singhvi, (2001). R. Field Portable XRF Analysis of Environmental Samples. *J. Hazard. Mater.* 83: 93–122.
- Karya, P. C., (2016). *Laporan Final Bantuan Teknis Pendampingan Penyusunan Dokumen RPIJM Kota Balikpapan*. Balikpapan: Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, 2016.

- Luthfi, M., Sunarwan, B., (2009). Tinjauan Geologi Terhadap Potensi dan Tingkat Kerawanan Bahaya Longsor Di Kota Balikpapan-Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi*, II (14): 9-28.
- Rabee, A. M., Al-Fatlawy, Y. F., Abd, A.-A.-H. N., dan Nameer, M., (2011). Using Pollution Load Index(PLI) and Geoaccumulation Index (I-Geo) for the Assessment of Heavy Metals Pollution in Tigris River Sediment in Baghdad Region, *J. of Al-Nahrain Univ. Sci.* 14 (4): 108-114.
- Rubio, B, Nombela, M.A. and Vilas, F., (2000). Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an assessment of metal pollution, *Marine Pollution Bull.* 40: 968-980
- Shams, M. T., Ray, S., Kabir, M. I., dan Purkayastha, T., (2012). Assessment of Heavy Metal Contamination in Incinerated Medical Waste. *ARPN Journal of Science and Technology.* 2 (10): 904-911.
- Singovszka, Eka, (2017). *Metal Pollution Indices of Bottom Sediment and Surface Water Affected by Acid Mine Drainage. Slovakia:* Institute of Environment Engineering, Technical University of Kosice.
- Sitorus S., Ilang Y., dan Nugroho R. A., (2020). Analisis kadar logam Pb, Cd, Cu, As pada air, sedimen dan bivalvia di Pesisir Teluk Balikpapan. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 7(2): 89-94
- Subramanian, V., Mohanachandran G., (1990). Heavy metals distribution and enrichment in the sea sediments of southern east coast of India. *Mar. Pollut. Bull.* 21 (7): 324-330.
- Sukandarrumidi, (2009). *Memahami Pengelolaan Bahan Tambang di Indonesia.* Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Turekian, K.K. dan Wedepohl, K.H., (1961). Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust, *Geol. Soc. of Am. Bull.*, 72:175-192.
- Yudo S., (2006). Kondisi pencemaran logam berat diperairan sungai DKI Jakarta. *Jurnal AirIndonesia.* 2 (1): 1-15
- Zanganeh A.H.P., Lakhan. V. C, Vazyari, M., (2008). Geochemical Associations and Grain Size Partitioning of Heavy Metals in Nearshore Sediments Along the Iranian Coast of the Caspian Sea. *J. Science.* 35:192-202.