

Identifikasi Pencemaran Logam Berat Pada Sedimen Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik Di Wilayah Muara Sungai Lapao-Pao Kabupaten Kolaka

Ardiansyah¹, Irawati², Erzam S Hasan³, Jahidin⁴, La ode

Ihksan Juarzan⁵, Usmardin⁶

Jurusan Teknik Geofisika, Universitas HaluOleo

Kendari, Indonesia

E-mail: ardiansyah50123@gmail.com, irawatigeofisika@uho.ac.id, erzam@uho.ac.id, jahidingeofisika@uho.ac.id, laodeihksanjuarzan@gmail.com, usmardin@uho.ac.id

Abstrak

Penelitian untuk mengidentifikasi pencemaran logam berat pada sedimen berdasarkan nilai Suseptibilitas magnetik di Muara Sungai Lapao-Pao Kabupaten Kolaka telah dilakukan. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 8 titik pengamatan mulai dari hulu sungai hingga hilir sungai. Analisis sampel sedimen menggunakan Bartington MS2 Susceptibility meter untuk menentukan nilai suseptibilitas magnetik dan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) untuk menentukan kandungan unsur logam berat. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh nilai suseptibilitas magnetik berkisar antara $5,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ – $954,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang didominasi oleh mineral magnetik berupa Hematit (Fe_2O_3). Berdasarkan data hasil pengukuran XRF diketahui bahwa konsentrasi logam berat yang ditemukan terdistribusi dari Nikel (Ni) berkisar antara 6280 - 16160 ppm, Kobal (Co) berkisar antara 470 - 1770 ppm, Besi (Fe) berkisar antara 184560 – 428640 ppm, dan Chromium (Cr) berkisar antara 8840 – 24170 ppm.

Katakunci: sedimen, suseptibilitas magnetik, logam berat, X-Ray Fluorescence (XRF)

1. PENDAHULUAN

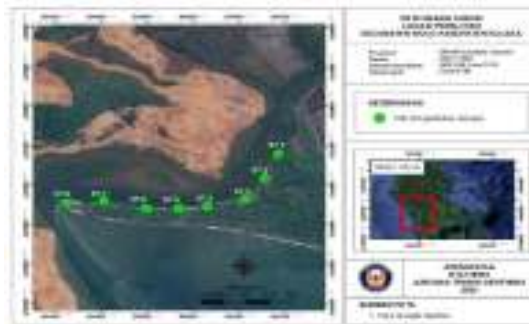
Muara sungai adalah bagian dari sungai hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Permasalahan di muara sungai dapat ditinjau di bagian mulut sungai (river mouth) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut. Sedangkan, estuary adalah bagian dari sungai dipengaruhi pasang surut (Vironita dkk, 2012). Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat logam berat yaitu sulit terdegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan), dapat terakumulasi dalam tubuh organisme, dan akan membahayakan kesehatan manusia (Syuhada, 2018).

Kabupaten Kolaka merupakan salah satu kabupaten yang ada di Provinsi Sulawesi Tenggara yang terletak di wilayah pesisir dan memiliki potensi sumber daya pesisir laut sangat besar. Kabupaten Kolaka mempunyai sumber daya tambang yang melimpah. Sehingga kebanyakan masyarakatnya bekerja di industri pertambangan. Pertambangan ini merupakan salah satu sektor terbesar yang memberikan kontribusi bagi pemerintah untuk pembangunan yang saat ini sedang direalisasikan, khususnya di Kabupaten Kolaka. Namun selain memberikan kontribusi bagi pemerintah, pertambangan juga menimbulkan dampak terhadap lingkungan sekitar seperti dampak yang di timbulkan dari aktivitas pertambangan berupa perubahan rona lingkungan (bentang fisik dan kimia), pencemaran tanah, air maupun udara (Zubayar, 2009).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan bulan Agustus 2022 sampai selesai, yang bertempat di Desa Lapao-Pao, Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, tepatnya pada muara sungai Lapao-Pao. Muara sungai Lapao-Pao terletak LS dan BT (Gambar1) Lokasi pengambilan sampel sebanyak 8 stasiun di wilayah muara sungai Lapao-Pao. Selanjutnya preparasi sampel dan pengukuran suseptibilitas magnetik serta kandungan unsur logam berat sampel dilakukan di Laboratorium Fisika FMIPA UNP dan PT. Geo Gea Laboratory



Gambar 1.Peta lokasi daerah penelitian

2.2 Tahap pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 8 stasiun di wilayah muara sungai Lapao-Pao. Melakukan pengambilan sampel endapan sedimen pada titik yang sudah diplot menggunakan GPS. Sampel diambil menggunakan pipa PVC pada tiap-tiap titik. Sampel yang diambil kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel untuk dianalisis di laboratorium.

2.3 Tahap analisis data

Pada tahap ini data pengukuran suseptibilitas magnetik (χ_{lf} , χ_{hf} dan $\chi_{fd}(\%)$) akan diplot terhadap kedalaman dan menggunakan aplikasi Microsoft office excel. Hasil plot tersebut akan dianalisis dan kemudian digunakan untuk menganalisis hubungan suseptibilitas magnetik dengan kehadiran unsur-unsur logam berat yang dipengaruhi kondisi lingkungan (area penambangan) Kabupaten Kolaka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Muara sungai Lapao-pao kecamatan Wolo Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu muara sungai yang rentang terkena dampak pencemaran yang berasal dari aktivitas-aktivitas pertambangan dan aktivitas lingkungan di mana limbah yang terbuang mengalir ke muara sungai. Sampel yang di gunakan pada penelitian ini di ambil dari muara sungai di desa Lapao-pao, muara sungai di sekitar pertambangan dan muara sungai Lapao-pao. Adapun posisi geografis dan jumlah sampel untuk semua titik pengambilan sampel dapat di lihat pada Tabel 1.

TABEL 1.POSISI GEOGRAFIS DAN JUMLAH SAMPEL

Stasiun	Koordinat		Jumlah Sampel	Pengambilan Sampel
1	S: 3.8°81'64.5"	E: 121.°29'05.07"	4	Muara Sungai
2	S: 3.8°82'74.6"	E: 121.°28'98.24"	4	Muara Sungai
3	S: 3.8°83'75.1"	E: 121.°28'91.02"	4	Muara Sungai
4	S: 3.8°84'08.3"	E: 121.°28'75.91"	4	Muara Sungai
5	S: 3.8°84'18.2"	E: 121.°28'64.99"	4	Muara Sungai
6	S: 3.8°84'17.8"	E: 121.°28'51.91"	4	Muara Sungai
7	S:3.8°83'51.3"	E: 121.°28'37.14"	4	Muara Sungai
8	S:3.8°83'88.3"	E: 121.°28'22.03"	4	Muara Sungai

3.1 Nilai suseptibilitas magnetik sampel

Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik (χ_{LF} , χ_{HF} , χ_{FD} dan $\chi_{FD}(\%)$). Semua sampel memiliki nilai χ_{LF} lebih besar dari nilai χ_{HF} . Nilai χ_{HF} yang kecil karena pengukuran pada frekuensi tinggi untuk menentukan nilai suseptibilitas magnetiknya dipengaruhi oleh momen-momen dipol mineral magnetik yang ada di dalam sampel. Sedangkan nilai χ_{LF} yang besar mengindikasikan kehadiran mineral-mineral magnetik yang cukup tinggi (Dearing, 1999). Adapun nilai suseptibilitas magnetik dari hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Nilai Suseptibilitas Magnetik (χ_{LF} , χ_{HF} , χ_{FD} dan $\chi_{FD}(\%)$)

Stasiun	Rentang nilai-nilai Suseptibilitas Magnetik		
	χ_{LF} ($10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	χ_{HF} ($10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	χ_{FD} (%)
1	9.2-479	8.1-458.6	0-11.96
2	15.1-511.7	14-502.1	1.7-7.28
3	8-609.9	6.9-597.3	0-13.75
4	10.9-639.3	10.9-615.6	0-8.24
5	9.6-277.2	9.5-262.7	0-11.21
6	6.4-560.9	6.4-529.3	0-5.63
7	5.6-800.6	5.6-742.1	0-8
8	14.9-954.8	14.9-894.6	0-6.3

Stasiun 1 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun satu berkisar antara $9.2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $479 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Dimana nilai-nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel di stasiun ini cenderung bervariasi di mana pada pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman 25 cm. Hal ini menunjukkan bahwa sampel sedimen berasal dari lapisan sedimen yang berbeda. Variasi nilai suseptibilitas magnetik tersebut dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi mineral magnetik. Mineral magnetik yang diduga terkandung pada stasiun ini yaitu FeS₂ (Tabel 2).

Stasiun 2 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun dua berkisar antara $15.1 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $511.7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Sampel sedimen pada stasiun ini juga memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel ini cenderung bervariasi di mana mendedikasi zona sebaran sedimen yang berbeda pada sisi kiri dan kanan dan pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman 25 cm.

Stasiun 3 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun dua berkisar antara $8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $609.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Sampel sedimen pada stasiun ini juga memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel ini cenderung bervariasi di mana mendedikasi zona sebaran sedimen yang berbeda pada sisi kiri dan kanan sungai dan pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman 25 cm.

Stasiun 4 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun dua berkisar antara $10.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $639.3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. sampel sedimen pada stasiun ini juga memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel ini cenderung bervariasi di mana mendedikasi zona sebaran sedimen yang berbeda pada sisi kiri dan kanan sungai dan pengambilan sampel sedimen

dengan kedalaman 25 cm. hal ini karena adanya perbedaan konsentrasi unsur-unsur mineral logam yang terkandung pada sampel sedimen sungai.

Stasiun 5 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun dua berkisar antara $9.6 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ sampai $277.2 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. sampel sedimen pada stasiun ini juga memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel ini cenderung bervariasi berbeda di mana mendedikasi zona sebaran sedimen yang berbeda pada sisi kiri dan kanan sungai dan pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman 25 cm. Hal ini karena adanya perbedaan konsentrasi unsur-unsur mineral logam yang terkandung pada sampel sedimen sungai.

Stasiun 6 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun dua berkisar antara $6.4 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ sampai $560.9 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. Sampel sedimen pada stasiun ini juga memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel ini cenderung bervariasi berbeda di mana mendedikasi zona sebaran sedimen yang berbeda pada sisi kiri dan kanan sungai dan pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman 25 cm.

Stasiun 7 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun dua berkisar antara $5.6 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ sampai $800.6 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. sampel sedimen pada stasiun ini juga memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel ini cenderung bervariasi berbeda di mana mendedikasi zona sebaran sedimen yang berbeda pada sisi kiri dan kanan sungai dan pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman 25 cm. Hal ini karena adanya perbedaan konsentrasi unsur-unsur mineral logam yang terkandung pada sampel sedimen sungai. Mineral magnetik yang terkandung pada stasiun ini yaitu mineral Hematit (Fe_2O_3).

Stasiun 8 dengan jumlah 4 sampel yang terdiri dari 2 sampel sisi kiri dan 2 sampel sisi kanan muara sungai. Rentang nilai suseptibilitas magnetik yang di dapat secara keseluruhan pada stasiun dua berkisar antara $14.9 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ sampai $954.8 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$. sampel sedimen pada stasiun ini juga memperlihatkan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada sampel ini cenderung bervariasi berbeda di mana mendedikasi zona sebaran sedimen yang berbeda pada sisi kiri dan kanan sungai dan pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman 25 cm. Hal ini disebabkan adanya perbedaan konsentrasi unsur-unsur mineral logam yang terkandung pada sampel sedimen sungai. mineral magnetik yang terkandung pada stasiun ini yaitu mineral Hematit (Fe_2O_3)

Perbedaan variasi nilai suseptibilitas magnetik tersebut diduga berkaitan dengan proses sedimentasi yang berbeda. Variasi nilai suseptibilitas magnetik yang cenderung berbeda pada sampel sedimen mengindikasikan zona sedimentasi yang sama [6]. Nilai suseptibilitas magnetik pada sedimen dengan setiap kedalaman tertentu memiliki nilai suseptibilitas yang bervariasi.

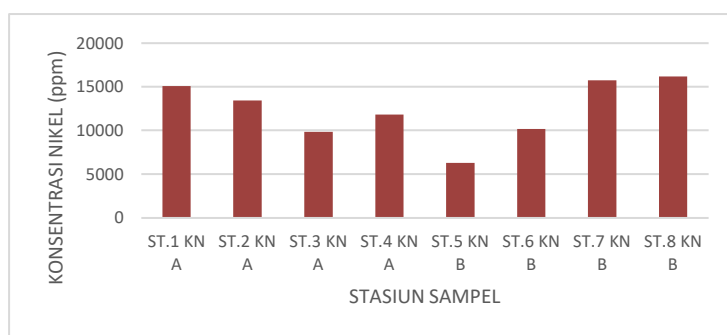
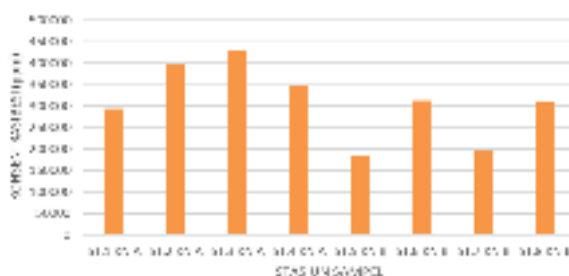
3.2 Kandungan logam berat sampel sedimen

Penentuan konsentrasi logam berat dilakukan pada delapan buah sampel dengan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi. Data hasil pengukuran kandungan logam berat yang terdapat dalam sampel terdiri dari Ni, Fe Co dan Cr dilihat pada **Tabel 3**.

TABEL 3. HASIL ANALISA KANDUNGAN UNSUR LOGAM SAMPEL SEDIMEN

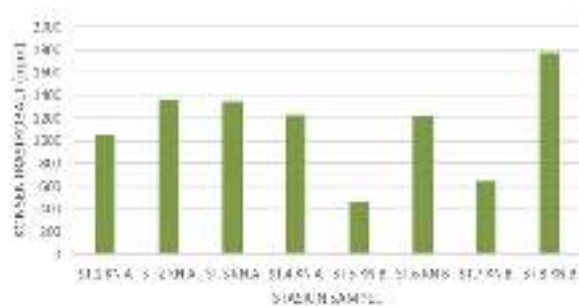
KODE SAMPEL	χ ($10^{-8}\text{m}^3\text{kg}^{-1}$)	KONSENTRASI LOGAM (ppm)			
		Ni	Co	Fe	Cr
ST.1 KN A	479	15070	1060	293380	18990
ST.2 KN A	511.7	13420	1360	399260	20790
ST.3 KN A	609.9	9830	1350	428640	24170
ST.4 KN A	639.3	11810	1230	349860	20900
ST.5 KN B	277.2	6280	470	184560	9570
ST.6 KN B	560.9	10160	1220	312650	15510
ST.7 KN B	800.6	15730	640	199040	8840
ST.8 KN B	954.8	16160	1770	307570	15070
RATA-RATA		12307.5	1137.5	309370	16370
NILAI MAKSIMUM		16160	1770	428640	24170
NILAI MINIMUM		6280	470	184560	8840
AMBANG BATAS		21 ^(a)	50,57 ^(b)	20 ^(c)	80 ^(a)

Tabel 3 menunjukkan hasil uji XRF pada 8 buah sampel yang didapatkan mengandung logam berat. Konsentrasi logam berat Nikel (Ni) pada sedimen di muara sungai Lapao-pao berkisar antara 6280 sampai 16160 ppm dengan rata-rata 12307.5 ppm, nilai ini berada diatas ambang batas konsentrasi logam berat Nikel (Ni) yang sebesar 21 ppm. Kandungan Ni dan Fe yang tinggi, disebabkan oleh adanya penambangan nikel dan aktivitas lingkungan di daerah tersebut. Kandungan Ni dan Fe yang terukur di dalam sampel dengan presentase yang tinggi berasal dari tanah laterit.

**Gambar 2. Grafik Konsentrasi Logam Berat Nikel (Ni)****Gambar 3. Grafik Konsentrasi Logam Berat Besi (Fe)**

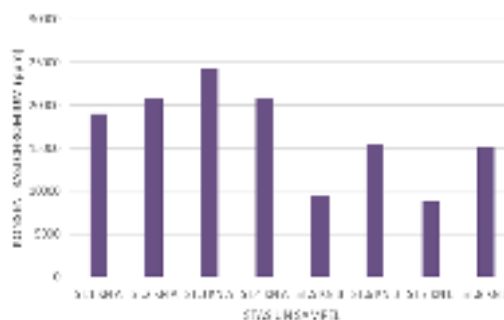
Berdasarkan hasil analisa konsentrasi logam berat Besi (Fe) yang didapatkan pada sedimen berkisar antara 184560 sampai 428640 ppm dengan rata-rata 309370 ppm, berada diatas ambang batas logam berat Besi (Fe) pada sedimen yang mempunyai nilai 20 ppm dalam sedimen. Tingginya konsentrasi logam Besi (Fe) dalam sedimen sampel dapat berasal dari aktivitas lingkungan yang berada sebelum stasiun 6, 7

dan stasiun 8 yang nilai konsentrasi logam Besi (Fe) tingginya diduga berasal dari limbah industri hingga mencemari lingkungan muara sungai tersebut.



Gambar 4. Grafik Konsentrasi Logam Berat Kobalt (Co)

Gambar 4 menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Kobalt (Co) pada sedimen tertinggi terdapat pada stasiun 8 dibandingkan dengan stasiun lainnya. Konsentrasi logam berat Kobalt (Co) yang didapatkan pada lokasi penelitian berkisar antara 470 sampai 1770 ppm dengan rata-rata 1137.5 ppm, berada diatas ambang batas logam berat Kobalt (Co) yang mempunyai nilai 50,57 ppm dalam sedimen. Tingginya kadar logam berat Kobalt (Co) pada stasiun 8 juga diakibatkan lokasi yang berada dekat aktivitas pertambangan dan berada pada hulu muara sungai tersebut. Sehingga keberadaan logam berat Kobalt (Co) dikarenakan yang secara alamiah disebabkan dari dampak penambangan nikel.



Gambar 5. Grafik Konsentrasi Logam Berat Chromium (Cr)

Kandungan logam berat Cr di lokasi penelitian berkisar antara 8840 sampai 24170 ppm dengan rata-rata 16370 ppm. Berada di atas ambang batas logam berat Chromium (Cr) yang mempunyai nilai 80 ppm.

3.3 Tingkat pencemaran sedimen berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik

Berdasarkan hasil analisis suseptibilitas magnetik sehingga dapat dikategorikan tingkat pencemaran logam berat berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik pada setiap stasiun [3]. Sampel yang dihasilkan stasiun 1 berkisar antara $9,2\text{--}479 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, maka dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada stasiun 1 sehingga dapat dikategorikan polusi tercemar sedang Tingkat III. Stasiun 2 nilai suseptibilitas yang didapatkan berkisar antara $15,1\text{--}511,7 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, maka stasiun 2 dapat dikategorikan polusi tercemar sedang Tingkat IV. Stasiun 3 nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan berkisar $8\text{--}609,9 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik $600\text{--}1000 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, maka pada stasiun 3 masuk kategori polusi tercemar tinggi tingkat V. Stasiun 4 dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik $10,9\text{--}639,3 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, maka dapat dikategorikan polusi tercemar tinggi Tingkat V. Stasiun 5 dengan kisaran nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan yaitu $9,6\text{--}277,2 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ dan $150\text{--}300 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, sehingga di kategorikan polusi tercemar rendah Tingkat II. Stasiun 6 dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik $6,4\text{--}560,9 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, maka dapat dikategorikan polusi tercemar sedang Tingkat

IV. Stasiun 7 dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik $5,6-800,6 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$, maka dapat di kategorikan polusi tercemar tinggi Tingkat V. Sedangkan untuk stasiun 8 dengan kisaran nilai suseptibilitas yang di dapatkan yaitu $14,9-954,8 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ dan $600-1000 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ sehingga di kategorikan polusi tercemar tinggi Tingkat V.

4. KESIMPULAN

1. Nilai suseptibilitas magnetik pada sedimen di Muara sungai Lapao-pao Kabupaten Kolaka yaitu $5,6 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ - $954,8 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$.
2. Berdasarkan klasifikasi mineral menurut nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi pada sedimen muara sungai yaitu $954,8 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ sehingga didominasi oleh mineral magnetik yaitu Hematit (Fe_2O_3). Hal ini terbukti pada pengukuran konsentrasi logam berat pada sampel yaitu kandungan Ni yang tinggi berkisar antara 6280 – 16160 ppm, Co berkisar antara 470 - 1770 ppm, Fe berkisar antara 184560 – 428640 ppm, dan Cr berkisar antara 8840 – 24170 ppm.
3. Tingkat pencemaran logam berat sedimen berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik di muara sungai Lapao-pao Kabupaten Kolaka termasuk dalam kategori polusi tercemar tinggi Tingkat V.

5. DAFTAR PUSTAKA

Bijaksana, S. (2002). Kajian Sifat Magnetik pada Endapan Pasirbesi di Wilayah Cilacap dan Upaya Pemanfaatannya untuk Bahan Industri. Laporan Penelitian Hibah Bersaing, ITB, Bandung.

Dearing, J. (1999), *Environmental Magnetic Suseptibility Using the Bartington MS2 Sytem*, Chi Publishing, England

Evans, M.E., dan Heller, F. (2003). *Environmental Magnetism Principles and Applications of Enviromagnetics*. Academic Press, California.

P Vironita, F., Rispiningtati, R. (2012). Analisis Stabilitas Penyumbatan Muara Sungai Akibat Fenomena Gelombang, Pasang Surut, Aliran Sungai dan Pola Pergerakan Sedimen pada Muara Sungai Bang. *Jurnal Teknik*

Syuhada, M. N. (2018). Penentuan Kadar Ion Logam Besi (Fe), Magnesium (Mg), Mangan (Mn), Timbal (Pb), Dan Zink (Zn) Pada Air Sedimen (Padatan Total) Yang Berada Di Sungai Erupsi Gunung Sinabung Di Desa Perbajukan Kabupaten Karo, Sumatera Utara Dengan Metode Inductively C. In *Standardization News* (Vol. 12, Issue 2).

Tamuntuan, G., Dkk. (2015). Variation of magnetic properties in sediment from Lake Towuti, Indonesia and its paleoclimate significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 420, 163–172.

Zubayar. (2009). Analisis Status Pencemaran Logam Berat. IPB. Bogor.