

Identifikasi Pencemaran Logam Berat pada Sedimen Sungai Batang Arau Kota Padang Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik

Ridha Putri Yanti*, Afdal

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang 26163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 15 Februari 2021
Direvisi: 19 Februari 2021
Diterima: 17 Maret 2021

Kata kunci:

sedimen sungai Batang Arau
suseptibilitas magnetik
bulir non-sp
antropogenik

Keywords:

Batang Arau river sediment
magnetic susceptibility
non-sp grain
antropogenic

Penulis Korespondensi:

Ridha Putri Yanti
Email: ridhaputri8573@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan identifikasi pencemaran logam berat pada sedimen Sungai Batang Arau Kota Padang berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik. Pengambilan sampel dilakukan mulai dari hulu hingga hilir pada 20 titik dengan kedalaman 10cm. Hasil pengukuran menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik berkisar antara $116,6 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ sampai $914,0 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$. Pola χ_{FD} (%) pada *scattergram* menunjukkan bahwa hampir seluruh sampel memiliki nilai χ_{FD} (%) < 5%. Hal ini menunjukkan ukuran bulir dilokasi penelitian yaitu bulir multidomain campuran halus dan kasar yang banyak dihasilkan dari proses-proses pencemaran. Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik dan pola χ_{FD} (%) pada *scattergram* daerah penelitian telah mengalami pencemaran dari kategori tercemar rendah hingga tercemar sangat tinggi yang tidak layak dikonsumsi. Sedimen yang terletak di zona perumahan padat penduduk di kawasan tengah sungai cenderung memiliki nilai suseptibilitas yang lebih tinggi daripada di zona perumahan non-padat penduduk di kawasan hulu. Dapat dikatakan sumber dari pencemaran ini adalah sumber antropogenik.

The identification of heavy metal contamination in the sediments of the Batang Arau River, Padang City has been carried out based on the magnetic susceptibility value. Sampling was carried out from upstream to downstream at 20 points with a depth of 10 cm. The measurement results show that the magnetic susceptibility values ranged from $116.6 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ to $914.0 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$. The pattern of χ_{FD} (%) in the scattergram shows that almost all samples have a value of χ_{FD} (%) < 5%. This shows the grain size in the research location, namely the fine and coarse mixed multidomain grains which are mostly produced from contamination processes. Based on the magnetic susceptibility value and the χ_{FD} pattern (%) in the scattergram, the study area has experienced pollution from low to very high contamination which is not suitable for consumption. Sediments located in densely populated residential zones in the middle of the river tend to have a higher susceptibility value than in non-densely populated residential zones in the upstream area. It can be said that the source of this pollution is an anthropogenic source

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang semakin modern serta pembangunan telah meningkatkan kualitas hidup manusia (Dawud dkk., 2016). Di sisi lain sangat berpengaruh buruk terhadap kondisi alami perairan melalui peningkatan pencemaran baik segi kualitas maupun kuantitasnya. Penyebab pencemaran pada perairan salah satunya adalah masuknya logam berat ke dalam perairan melalui limbah cair dan padat dari industri dan domestik (antropogenik) dalam jumlah yang jauh di atas normal. Partikel-partikel ini biasanya mengandung logam berat dan unsur-unsur beracun (Orosun dkk., 2020). Logam berat memiliki sifat mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan kemudian terakumulasi dalam sedimen dan menyebabkan logam-logam tersebut terkumpul di dalam rantai makanan. Ikan-ikan dan makhluk air lainnya yang terkontaminasi logam berat akan dikonsumsi oleh manusia. Jika logam berat masuk ke dalam tubuh manusia dalam jumlah yang banyak akan menyebabkan penyakit yang sangat berbahaya, seperti infeksi sistem syaraf, ginjal, hati, tulang, sistem pernafasan, sistem reproduksi, dan gangguan pencernaan yang bersifat akut dan kronis (Endrinaldi, 2009).

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya unsur-unsur yang terdapat di sungai yaitu metode fisika dan kimia (Sudarningsih dkk., 2013). Metode geokimia yang biasa digunakan adalah metode AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Namun metode-metode ini mahal dan membutuhkan waktu yang lama. Untuk itu dikembangkan metode kemagnetan batuan sebagai metode alternatif.

Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dalam menentukan polusi tanah telah banyak diteliti dan diketahui sangat efisien. Orosun dkk. (2020) pada suatu percobaan di sebuah stasiun mobil di Ilorin Nigeria, menemukan peningkatan nilai suseptibilitas magnetik terjadi di dalam stasiun dibandingkan dengan di luar stasiun. Peningkatan nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan konsentrasi mineral magnetik yang tinggi pada tanah, yaitu konsentrasi logam berat (Cu, Fe, Cr, Zn, Cd, Mg, dan Mn). Semakin banyak kandungan logam berat pada tanah, nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan semakin tinggi. Luo dkk. (2000) juga telah melakukan percobaan di suatu Capital Iron dan Steel Company, Gunung Taishan di kota Beijing, Cina menunjukkan hubungan negatif antara suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas bergantung frekuensi pada tanah yang tercemar di kawasan industri. Oleh karena itu, pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dapat digunakan dalam penentuan pencemaran logam berat pada tanah.

Untuk sampel alamiah yang berasal dari pedogenik, χ_{FD} akan semakin bertambah dengan tinggi nya χ_{LF} . Hal ini disebabkan karena sampel mengandung bulir superparamagnetik. Sedangkan untuk sampel yang tercemar yang berasal dari antropogenik nilai χ_{FD} akan semakin menurun dengan tingginya χ_{LF} . Hal ini disebabkan karena sampel lebih didominasi oleh mineral-mineral magnetik yang berukuran besar seperti multi domain (MD) atau campuran halus dan kasar (Luo dkk., 2000). Ukuran bulir berkaitan dengan domain magnetik, bulir magnetik yang kecil akan cenderung untuk memiliki satu domain atau *single* domain, sebaliknya bulir yang lebih besar akan mempunyai domain yang banyak atau *multi* domain (Rongkunosa dkk., 2017).

Menurut Evan dan Heller (2003), pencemaran logam berat yang menyebabkan terjadinya anomali nilai suseptibilitas magnetik dapat ditentukan tingkatannya berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik. Tingkat I dengan nilai suseptibilitas magnetik $<300 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar rendah. Tingkat II dengan nilai suseptibilitas magnetik $(300-600) \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar sedang. Selain itu, Tingkat III dengan nilai suseptibilitas magnetik dalam rentang $(600-1000) \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar tinggi. Terakhir, Tingkat IV dengan nilai suseptibilitas magnetik $>1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar sangat tinggi.

DAS Batang Arau mulai dari Lubuk Begalung hingga ke Muaro Padang (daerah tengah hingga hilir DAS Batang Arau) sudah tercemar akibat dari meningkatnya konsentrasi polutan dari berbagai kegiatan industri, lingkungan pemukiman, pasar, bengkel, perkapalan, dan berbagai kegiatan lainnya yang membuang limbah cair yang belum memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini menyebabkan muara sungai Batang Arau mengalami penurunan kualitas lingkungan, baik akibat pencemaran air maupun pengendapan (Putri, 2010). Penelitian terhadap kualitas air di Muara Sungai Batang Arau Kota Padang yang telah dilakukan Yanti dan Afdal (2016) menunjukkan adanya pencemaran logam berat Cu dan Zn. Putri (2010) juga menunjukkan air Sungai Batang Arau memiliki nilai COD yang tinggi dan DO yang rendah. Nasution dan Afdal (2016) menunjukkan Sungai Batang

Arau memiliki nilai TDS yang tinggi pada hilir sungai. Berdasarkan bahaya pencemaran logam berat dan kemungkinan telah tercemarnya sedimen Sungai Batang Arau yang bersumber dari limbah domestik, limbah industri, dan perkapalan, perlu dilakukan pengukuran suseptibilitas magnetik, tingkat pencemaran, dan sumber pencemar akibat aktivitas manusia dari hulu hingga hilir.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Pengambilan Data

Sampel diambil pada 20 titik mulai dari bagian hulu, tengah, hilir, muara sungai, dan pantai seperti Gambar 1. Pada setiap titik, diambil sampel sedimen pada 3 tempat sebanyak 30 g. Sampel diambil pada kedalaman 10 cm menggunakan pipa pvc, kemudian dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* yang sudah diberi label.



Gambar 1 Titik Pengambilan Data

Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dilakukan menggunakan frekuensi rendah dan frekuensi tinggi dengan alat *Bartington Magnetic Susceptibility Meter MS2* yang dilengkapi sensor MS2B untuk 15 arah pengukuran. Pengolahan data untuk menghitung nilai suseptibilitas magnetik masing-masing sampel menggunakan program Matlab R2015a. Suseptibilitas magnetik diukur pada frekuensi rendah (χ_{LF}) dan nilai frekuensi tinggi (χ_{HF}). Kemudian nilai suseptibilitas bergantung frekuensi (χ_{FD}) dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\chi_{FD} \% = \frac{|\chi_{LF} - \chi_{HF}|}{\chi_{LF}} \times 100 \quad (1)$$

Nilai χ_{FD} (%) digunakan untuk menentukan seberapa besar pengaruh bulir superparamagnetik pada sampel dan digunakan untuk mengetahui sumber mineral magnetik berasal dari pedogenik, litogenik, atau antropogenik. Kemudian dilakukan analisis pengaruh posisi terhadap nilai suseptibilitas magnetik, tingkat pencemaran logam berat berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik, dan sumber pencemaran sedimen sungai berdasarkan *scattergram*.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Nilai Suseptibilitas Magnetik Sampel

Hasil perhitungan nilai suseptibilitas magnetik sampel ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah, frekuensi tinggi, dan bergantung frekuensi (χ_{LF} , χ_{HF} , χ_{FD}) yang didapatkan bervariasi, berkisar antara $116,6 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ sampai $914,0 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ pada frekuensi rendah dan pada frekuensi tinggi berkisar antara $112,8 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ sampai $908,6 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$. Nilai χ_{HF} yang kecil karena pengukuran pada frekuensi tinggi χ_{HF} untuk menentukan nilai suseptibilitas magnetiknya dipengaruhi oleh momen-momen dipol mineral magnetik yang ada di dalam bahan kecuali bulir superparamagnetik. Adanya perbedaan antara nilai χ_{LF} dan χ_{HF} ini menunjukkan adanya pencampuran mineral SP pada sedimen sungai (Kanu dkk., 2013).

Tabel 1 Hasil pengolahan data χ_{LF} , χ_{HF} , dan χ_{FD}

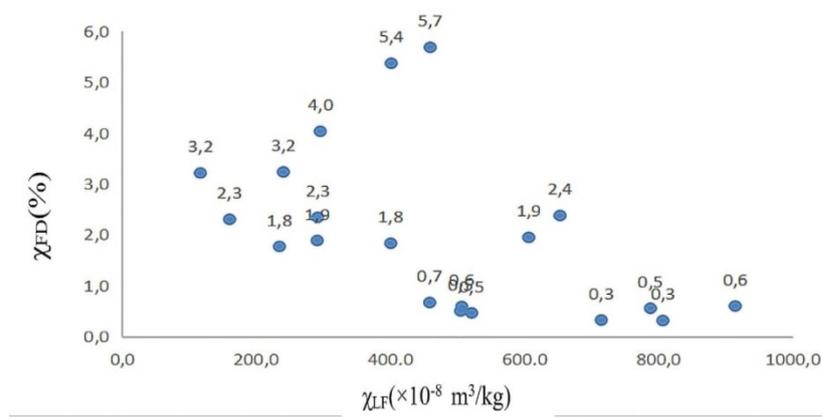
No	Kode Sampel	Keterangan Titik Sampel	Kawasan	χ_{LF} ($\times 10^{-8}$ m ³ /kg)	χ_{HF} ($\times 10^{-8}$ m ³ /kg)	χ_{FD} (%)
1	P1		Pemukiman non-padat penduduk	504,4	501,9	0,5
2	P2			160,1	156,5	2,3
3	P3	Hulu		458,3	455,2	0,7
4	P4		Sedikit padat penduduk	606,0	594,2	1,9
5	P5		Pemukiman non-padat penduduk	290,6	285,2	1,9
6	P6		Pabrik karet	291,4	284,6	2,3
7	P7		Tempat cucian kendaraan	116,6	112,8	3,2
8	P8		Sedikit padat penduduk	295,3	283,4	4,0
9	P9	Tengah	Perbengkelan	459,0	432,9	5,7
10	P10		Pembuangan sampah warga	240,2	232,5	3,2
11	P11		Pemukiman non-padat penduduk	234,4	230,2	1,8
12	P12			914,0	908,6	0,6
13	P13		Pemukiman padat penduduk	787,7	783,4	0,5
14	P14			714,3	712,1	0,3
15	P15	Hilir		506,1	503,1	0,6
16	P16		Sandaran perkapalan	400,2	392,9	1,8
17	P17	Muara		520,8	518,4	0,5
18	P18			806,2	803,7	0,3
19	P19	Pantai	Pantai	652,7	637,2	2,4
20	P20			400,9	379,4	5,4
Nilai Rata-rata				467,9	460,4	1,9
Nilai Maksimum				914,0	908,6	5,4
Nilai Minimum				116,6	112,8	0,3

Titik sampel P2, P5, P6, P7, P8, P10, dan P11 termasuk dalam kategori tercemar rendah (Tingkat I) karena nilai suseptibilitas magnetiknya kurang dari 300×10^{-8} kg⁻¹m³ (Evan dan Heller, 2003). Dimana posisi titik sampel tersebut berada di lokasi yang tidak padat penduduk, dan jauh dari sumber pencemar. Titik sampel P1, P3, P9, P15, P16, P17, dan P20 termasuk ke dalam kategori tercemar sedang (Tingkat II) dengan nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan berada pada rentang $300-600 \times 10^{-8}$ kg⁻¹m³ (Evan dan Heller, 2003). Posisi titik sampel ini berada di lokasi yang cukup padat penduduk namun banyak aktivitas yang dilakukan, seperti aktivitas rumah tangga dan perkapalan. Titik sampel P4, P12, P13, P14, P18, dan P19 termasuk ke dalam kategori tercemar tinggi (Tingkat III) dengan nilai suseptibilitas magnetik berada pada rentang $600-1000 \times 10^{-8}$ kg⁻¹m³ (Evan dan Heller, 2003). Titik-titik sampel tersebut berada di lokasi padat penduduk, sehingga menyebabkan banyak limbah yang dibuang ke sungai.

3.2 Hubungan Nilai $\chi_{LF} (\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg})$ dengan $\chi_{FD} (\%)$

Scattergram hubungan nilai $\chi_{LF} (\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg})$ dengan $\chi_{FD} (\%)$ di tampilkan pada Gambar 2. *Scattergram* ini menunjukkan tipikal posisi sampel untuk berbagai domain dan sumber. Dengan menggunakan plot χ_{LF} vs χ_{FD} sampel area yang terpolusi dengan area yang tidak terpolusi akan membentuk pola tertentu pada plot tersebut. Untuk sampel alamiah, nilai χ_{FD} semakin bertambah dengan tingginya nilai χ_{LF} . Sedangkan untuk sampel terpolusi χ_{FD} semakin menurun dengan tingginya nilai χ_{LF} . Hal ini disebabkan oleh kandungan mineral magnetik yang terdapat dalam sampel (Hulliselan, 2015).

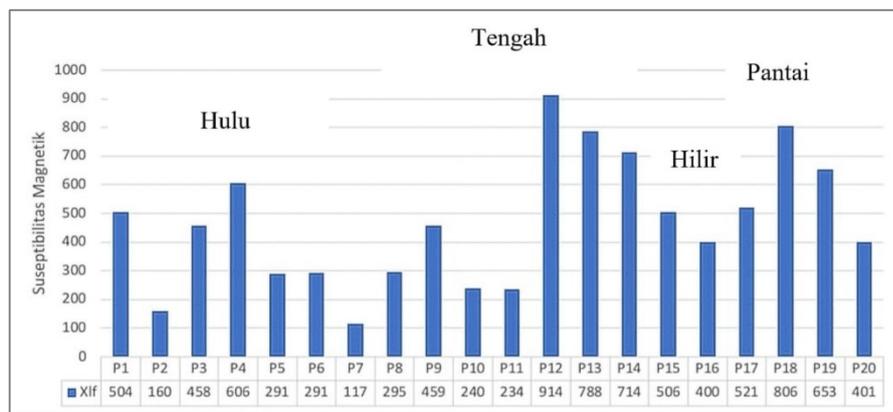
Hubungan antara χ_{FD} dan χ_{LF} ditampilkan pada Gambar 2. Hampir seluruh sampel menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik χ_{LF} dengan suseptibilitas bergantung frekuensi χ_{FD} berbanding terbalik dan membentuk pola terpolusi. Nilai $\chi_{FD} (\%)$ sampel yang didapatkan berada di bawah 5%. Nilai χ_{LF} dan χ_{FD} yang berbanding terbalik menunjukkan adanya pencemaran (Kanu dkk., 2013) dan nilai $\chi_{FD} (\%)$ yang berada di rentang 1-4%, sering ditemukan pada sedimen yang terkontaminasi (Kirana dkk., 2014).



Gambar 2 Scattergram hubungan antara nilai $\chi_{LF} (\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg})$ terhadap $\chi_{FD} (\%)$

3.3 Analisis Nilai χ_{LF} terhadap Posisi Sampel

Nilai χ_{LF} terhadap posisi sampel ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai suseptibilitas magnetik rendah berada pada titik sampel P7 dan P2. Nilai χ_{LF} yang rendah menunjukkan kandungan mineral magnetik yang diduga mengandung logam berat di kedua titik ini rendah dimana daerah ini adalah pemukiman yang tidak padat penduduk, sehingga pencemaran rendah. Nilai suseptibilitas magnetik tertinggi berada pada titik sampel P12. Suseptibilitas magnetik yang tinggi menunjukkan bahwa kandungan mineral magnetik pada titik P12 cukup tinggi. Sampel ini diambil pada daerah pemukiman padat penduduk.



Gambar 3 Nilai χ_{LF} sedimen sungai terhadap posisi dari hulu ke hilir

Nilai suseptibilitas magnetik pada sampel sedimen sungai Batang Arau ini relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan sedimen sungai Citarum, yang mana berkisar dari $14,4 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ sampai $1741,7 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ (Kirana dkk., 2014) maupun dari Sungai Ponnaiyar yang berkisar dari $11,0 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ sampai $260 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ (Ramasamy dkk., 2009). Hal ini disebabkan karena perbedaan geologi, proses pembentukan sedimen dan oleh input antropogenik material magnet (Thompson dan Oldfield, 1986 ; Dearing, 1996 dalam Kanu dkk., 2013). Perbedaan nilai suseptibilitas pada daerah yang berbeda disebabkan oleh perbedaan jenis dan kekuatan aktivitas manusia di daerah tersebut (Kanu dkk., 2013). Hal ini kemungkinan disebabkan daerah di Sepanjang aliran sungai Batang Arau mulai dari hulu hingga hilir terdapat kegiatan pemukiman penduduk, industri pabrik karet, bengkel, dan kegiatan perkapalan. Sungai Batang Arau menjadi tempat pembuangan akhir limbah yang berasal dari kegiatan setempat.

3.4 Sumber Pencemar Sedimen Sungai Batang Arau Berdasarkan Scattergram

Terdapat 12 sampel yang memiliki nilai $\chi_{FD} (\%)$ di bawah 2,00% dan sisanya memiliki nilai $\chi_{FD} (\%)$ di atas 2,00%. Sebanyak 12 sampel memiliki rentang nilai $\chi_{FD} (\%)$ antara 0,0-2,0% atau mengandung kurang dari 10% bulir superparamagnetik. Sedangkan 8 sampel lainnya memiliki nilai rentang $\chi_{FD} (\%)$ antara 2,0-10% dan diperkirakan mengandung bulir superparamagnetik antara 10%

sampai dengan 75% yang merupakan campuran antara bulir superparamagnetik yang berukuran halus dan kasar. Sampel yang memiliki nilai χ_{LF} yang tinggi dengan nilai χ_{FD} yang rendah bahkan mendekati nol menunjukkan sampel didominasi oleh mineral ferrimagnet non-SP dengan ukuran bulir yang relatif besar (Dearing, 1999). Pada 12 sampel ini kumpulan bulir magnetiknya didominasi oleh bulir non-SP yang terdiri dari bulir single domain (SD) dan multi domain (MD) dan 8 sisa sampel termasuk ke dalam campuran butiran kasar. Sampel yang lebih didominasi oleh mineral-mineral magnetik yang berukuran besar seperti multi domain (MD) banyak dihasilkan dari proses-proses pencemaran (Luo dkk., 2000). Dapat dikatakan nilai suseptibilitas magnetik sampel yang tinggi dan nilai χ_{FD} (%) yang rendah sumber pencemarnya adalah limbah domestik.

IV. KESIMPULAN

Hasil dari pengukuran suseptibilitas magnetik diperoleh nilai χ_{LF} berkisar antara $116,6 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ sampai $914,0 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$. Hampir seluruh sampel memiliki nilai χ_{FD} (%) < 5%. Sampel yang memiliki nilai χ_{FD} (%) di bawah 2% lebih didominasi oleh mineral-mineral magnetik berukuran besar seperti multi domain (MD) yang banyak dihasilkan dari proses-proses pencemaran. Terdapat 7 sampel termasuk ke dalam kategori tercemar rendah, 7 sampel tercemar sedang, dan 6 sampel tercemar tinggi. Nilai suseptibilitas magnetik terendah berada pada titik P7 yang berada di kawasan perumahan non-padat penduduk dan tertinggi berada pada titik P12 berada di kawasan perumahan padat penduduk. Hal ini menunjukkan bahwa pencemaran berasal dari sumber antropogenik (limbah domestik) dan air sungai Batang Arau tidak layak untuk dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dawud, M., Namara, I., Chayati, N., Li, F.M., 2016, 'Analisis Sistem Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Berbasis Masyarakat', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Teknik Sipil Ibnu Khaidun, Bogor.
- Dearing, J., 1999, *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System*, Chi Publishing, England.
- Endrinaldi, 2009, 'Logam-logam Berat Pencemar Lingkungan dan Efek Terhadap Manusia', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol.4, No.1, hal. 42-46.
- Evans, M.E., dan Heller, F., 2003, *Environment Magnetism Principles and Application of Environmagnetics*, Academic Press, California.
- Huliselan, E.K., 2015, 'Pemetaan Daerah Pencemaran Antropogenik Berbasis Suseptibilitas Magnetik', *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Ambon.
- Kanu, M.O., Meludu, O.C., Oniku, S.A., 2013, 'A Preliminary Assessment of Soil Pollution in Some Parts of Jalingo Metropolis Nigeria Using Magnetic Susceptibility Method', *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. 5, No. 2, hal. 53-61.
- Kirana, K.H., Fitriani, D., Supriyana, E., Agustine, E., 2014, 'Sifat Magnetik Sedimen Sungai Sebagai Indikator Pencemaran (Studi Kasus Sungai Citarum Kab.Karawang Universitas Padjajaran)', *Spektra Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol.15, No.2, hal. 99-101.
- Luo, W., Dongsheng, L., dan Houyuan, L.U., 2000, 'Magnetic Susceptibility Properties of Polluted Soils', Beijing, *Chinese Science Bulletin*, Vol. 45, No. 18, hal. 1723-1726.
- Nasution, F.D., dan Afdal, 2016, 'Profil Pencemaran Air Sungai di Muara Batang Arau Kota Padang dari Tinjauan Fisis dan Kimia', *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 5, No. 1, hal. 1-6.
- Orosun, M.M., Oniku, S.A., Peter, A., Orosun, R.O., Salawu, N.B., Hitler, L., 2020, 'Magnetic Susceptibility Measurement and Heavy Metal Pollution at an Automobile Station in Ilorin, North-Central Nigeria', *Environmental Research Communication*, IOP Publishing.
- Putri, W. A. E., 2010, 'Pencemaran Bahan Organik Di Muara Sungai Batang Arau Padang Sumatera Barat', *Maspari Journal*, Vol. 1, hal. 30-34.
- Ramasamy, V., Suresh, G., dan Venkatachalaphaty, R., 2009, 'Magnetic Susceptibility of the Ponnaiyar River Sediments Tamilnadu India', *Global Journal of Environmental Research*, Vol. 2, No. 2, hal. 126-131.

- Rongkunosa, M., Tamuntuan, G., dan Pasau, G., 2017, 'Analisis Anisotropi Suseptibilitas Magnetik Batuan Beku Lengan Utara Sulawesi', *Jurnal MIPA UNSRAT*, Jurusan Fisika, Unsrat, Vol.6, No.1, hal. 8-12.
- Sudarningsih, Lestiana, E., dan Wianto, T., 2013, 'Analisis Logam Berat Sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabalog Kalimantan Selatan', *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, Lampung.
- Yanti, E. L., dan Afdal, 2016, 'Profil Pencemaran Air Sungai Batang Arau Daerah Lubuk Begalung Kota Padang', *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 5, No. 2, hal. 101-106.