

Analisa Polusi Logam Berat Sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabalong Kalimantan Selatan

Sudarningsih, S. Pd., M.Si, Enny Lestiana, dan Totok Wianto, S.Si., M.Si

*PS Fisika FMIPA Universitas Lambunng Mangkurat Kalimantan Selatan
Jln. A. Yani km 36 Banjarbaru Kalsel
Sudarningsihunlam@gmail.com*

Abstrak. Telah dilakukan pengukuran menggunakan metoda magnetik dan non magnetik untuk menganalisa adanya pencemaran di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabalong, Tanjung, Kalimantan Selatan. Dipilih sungai Tabalong sebagai objek penelitian karena sungai ini juga dijadikan salah satu sumber air minum oleh PDAM Kabupaten Tabalong. Berkaitan dengan pemanfaatan sungai ini dalam memenuhi kebutuhan hajat hidup orang banyak, padahal sungai ini banyak dialiri limbah baik limbah rumah tangga maupun limbah industri, Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran sebaran kandungan logam berat endapan sungai sebagai indikator polusi. Dalam penelitian ini dilakukan dengan mengukur suseptibilitas magnetik, uji XRD, serta dengan analisa AAS. Data hasil pengukuran yang didapatkan, yaitu suseptibilitas $26,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ sampai $43,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ bahwa mineral magnetik yang dominan adalah amphiboles formula Mg, Fe, Al, Silika (SiO₂). Data hasil pengukuran XRD di dominasi oleh Mineral Silika. Data hasil uji AAS nampak adanya logam berat seperti Zn, Cu, Pb, Cr, Cd, dan Hg.

Kata Kunci. Logam berat, Suseptibilitas Magnetik, XRD, AA

PENDAHULUAN

Sungai Tabalong merupakan sungai terbesar di Kabupaten Tabalong, alirannya sepanjang daerah Tanjung Kabupaten Tabalong hingga Amuntai Kabupaten Hulu Sungai Selatan. Sungai ini adalah sumber air baku PDAM dan PERTAMINA UBEF Tanjung. Berbagai kegiatan terdapat di sepanjang aliran sungai Tabalong antara lain : perumahan, industri kecil, pertanian, perikanan memberikan kontribusi berbagai jenis polutan yang terbawa arus ke dalam aliran sungai Tabalong, sebagian mengalami proses pengendapan.

Sungai Tabalong mulai tercemar merkuri seiring dengan banyaknya aktifitas penambangan emas di wilayah utara Tabalong, Kalimantan Selatan. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan

Daerah (Bapedalda) Tabalong menyatakan hasil penelitian kandungan merkuri Sungai Tabalong mencapai 0,1 per

milimeter kubik, yang seharusnya kandungan merkuri adalah nol. Meski tingkat pencemaran merkuri di Sungai Tabalong masih di bawah batas toleransi yakni 0,4 per milimeter kubik, namun dikhawatirkan kandungannya bakal meningkat jika kegiatan penambangan emas di daerah hulu Sungai Tabalong masih marak [1].

Ada beberapa macam metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya unsur-unsur yang terdapat di Sungai yaitu metode kimia dan fisika. Pada penelitian ini yang akan dikaji sifat magnetik yakni suseptibilitas magnetik dari endapan pasir di sungai Tabalong dengan harapan bahwa melalui sifat magnetiknya akan diketahui jenis logam berat yang terkandung dalam sedimen sungai Tabalong.

Dalam satu dekade terakhir, metoda sifat magnetik batuan (*rock magnetik methods*) telah banyak digunakan dalam kajian tentang pencemar atau polutan lingkungan.



Tujuan dari kajian seperti ini, umumnya adalah untuk mengidentifikasi mineral magnetik yang dominan pada pencemar dan menghubungkannya dengan sumber atau mekanisme pencemaran.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Yoshida terhadap kompos tanah pertanian yang berasal dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Mornag, Tunisia, menunjukkan bahwa mineral ferrimagnetik yang berperan dalam pencemaran tanah adalah magnetite (Fe_3O_4) dan magnemite ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$). Sementara itu, Kapička berhasil mengidentifikasi pencemaran akibat aktifitas industri di Taman Nasional Republik Ceko. Penelitian ini menunjukkan bahwa mineral magnetik yang dikandung polutan pada 160 sampel tanah adalah magnetite. Penelitian lain yang dilakukan oleh Urbat juga mengidentifikasi magnetite adalah mineral magnetik pembawa pencemaran udara pada 56 sampel pinus nigra di Jerman. Sementara itu Upik Nurbaiti telah melakukan pengukuran besaran suseptibilitas magnetik untuk mengindikasikan adanya pencemaran di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Kaligarang, Semarang, Jawa Tengah. Upik Nurbaiti mengidentifikasi adanya logam berat dalam sedimen yang akan menentukan kesesuaian sedimen untuk studi lanjut magnetik lingkungan.

Mineral magnetik sebenarnya selalu ada secara alamiah pada batuan, tanah, atau endapan sedimen, meskipun secara kuantitatif kelimpahannya cukup kecil yaitu sekitar 0.1 % dari massa total batuan atau endapan. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang pencemaran logam berat pada sedimen sungai sepanjang daerah aliran sungai Tabalong.

METODE PENELITIAN

Sampel pasir sedimen sungai Tabalong yang di ambil adalah 5 sampel sedimen dasar untuk analisa suseptibilitas magnetik, 5 sampel sedimen dasar untuk analisa XRD,



Gambar 1. Lokasi Pengambilan sampel

dan 5 sampel sedimen dasar untuk analisa AAS serta 5 sampel sedimen terlarut untuk analisa suseptibilitas magnetik, 5 sampel sedimen terlarut untuk analisa XRD (X Ray Diffraction), dan 5 sampel sedimen terlarut untuk analisa AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). Sehingga total keseluruhan sampel yang di ambil ada 30 sampel pada 5 titik sampel.

Penentuan titik sampel berdasarkan pada sekitar titik sampel pemukiman penduduk, usaha kecil yang dianggap sebagai penyumbang logam berat dan dengan dekat pipa penyedot untuk air baku PDAM.

Pengukuran dengan menggunakan metoda magnetik dilakukan dengan mengukur nilai suseptibilitas magnetik sampel. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan peralatan Bartington magnetic *susceptibility meter* MS2 yang terhubung dengan sensor MS2B menggunakan kabel co-axial. Sampel ini ditempatkan di dalam sensor MS2B yang diletakkan sejajar dengan sumbu coil sensor.

Prosedur non magnetik dilakukan dengan menggunakan metoda AAS dan XRD. Analisis logam berat untuk sampel sedimen dengan metoda AAS dilakukan dengan ekstraksi asam[8]. Sebelum ekstraksi, dilakukan pengukuran berat kering sampel, dimana sampel dipanaskan hingga temperature 60°C . Temperatur tersebut dibuat tidak terlalu tinggi untuk mencegah penguapan logam berat. Berat konsentrasi

logam berat dalam sampel diukur setelah proses preparasi (ekstraksi) dengan penambahan 10 ml *aqua regia* (3 bagian HNO₃ + 1 bagian HCl) pada ±D 2 gram sampel dan ditutup dengan gelas arloji. Setelah sampel larut, dilakukan penambahan H₂O₂. Pada akhir proses ekstraksi tersebut, dilakukan penyaringan larutan sampel ke dalam labu takar 50 ml, diencerkan hingga mencapai tanda 50 ml. Pengukuran dengan menggunakan metoda XRD dilakukan dengan cara sampel kering diletakkan pada *sample holder*. Setiap wadah mengandung sedimen yang mengandung mineral sedimen dengan massa sekitar 2 gram. Sampel yang berupa sedimen diletakkan pada *sample holder* untuk kemudian siap diuji dengan XRD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran suseptibilitas magnetik pada sedimen dasar dan sedimen terlarut pada sungai tabalong di lakukan dengan menggunakan *bartington suseptibilitas magnetic*. Hal ini di lakukan untuk penentuan jenis logam berat yang terkandung dalam sedimen dasar maupun sedimen terlarut serta mendapatkan gambaran sebaran nilai suseptibilitas magnetik. Penentuan nilai suseptibilitas magnetik ini di dasarkan atas bahwa setiap materi akan memiliki nilai suseptibilitas yang berbeda. Suseptibilitas adalah respon

materi terhadap medan magnetik. Hasil pengukuran suseptibilitas magnetic pada 10 sampel, 5 sampel sedimen dasar dan 5 sampel sedimen terlarut pada 5 titik yang berbeda dapat dilihat dalam tabel 1.

Pada tabel 1 terlihat bahwa 10 sampel tersebut di dominasi oleh mineral amphiboles dengan formula Mg, Fe, Al, Silika (SiO₂) . Data di atas terlihat bahwa logam berat yang terkandung dalam sedimen sungai Tabalong baik sedimen dasar maupun sedimen terlarut adalah Fe. Fe tersebut berikatan dengan logam berat Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, dan Hg yang tidak terdeteksi dalam pengukuran suseptibilitas magnetik.

Pola sebaran nilai suseptibilitas magnetik dalam sedimen dasar adalah pada bagian hulu sungai relatif tinggi dan semakin ke hilir sungai semakin menurun. Hal ini di duga karena sebagian besar mineral mengendap terlebih dahulu dan melarut kebagian hilir hanya sebagian kecil saja. Sementara pola sebaran suseptibilitas magnetik dalam sedimen terlarut adalah pada bagian hulu sungai relatif tinggi dan semakin ke hilir sungai semakin menurun. Hal ini di duga karena sebagian besar mineral mengendap terlebih dahulu dan melarut kebagian hilir hanya sebagian kecil saja. Nilai suseptibilitas tertinggi berada pada 3 titik, hal ini di duga karena adanya andil dari penduduk sekitar.

Tabel 1. Hasil Pengukuran suseptibilitas magnetik sampel dari Sungai Tabalong Kalsel

No	Nama Sampel	χ_{LF} (10 ⁻⁸ m ³ /Ko)	Mineral/Material	Formula
1	ST1	41,5	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
2	ST2	39,8	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
3	ST3	43,6	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
4	ST4	26,7	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
5	ST5	42,2	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
6	SD1	37,3	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
7	SD2	48,4	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
8	SD3	41,7	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
9	SD4	47,1	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)
10	SD5	49,8	Amphiboles	Mg, Fe, Al, Silika (SiO ₂)

Ket : ST : Sedimen terlarut SD: Sedimen Dasar



Pengukuran sampel dengan metoda non magnetik yang pertama adalah dengan menggunakan XRD. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada tabel 2.

Dari table 2, semua sampel mengandung silika dan logam berat yang ada dalam sampel bukan logam berat murni atau tunggal akan tetapi logam berat yang berikatan dengan unsur lain sehingga membentuk mineral. Misalnya pada ST1 terdapat CsLaTe3Zn dan SD1 terdapat A2O8SrZn2 .

Pengukuran sampel dengan metoda non magnetik keduanya adalah dengan AAS. Prinsip dasar dalam AAS yaitu terjadinya interaksi antara energi dengan atom bebas, maksudnya adalah atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi termis (panas), energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan ini adalah khas, karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk atom bebas tersebut [9].

Tabel 2. Hasil XRD sampel dari Sungai Tabalong Kalsel

NO	SAMPEL	MINERAL
1	ST1	SiO ₂ , Bi ₂ PbS ₄ , CsLaTe ₃ Zn, AlO ₄ P, ClMgO ₈ ,
2	ST2	SiO ₂ , Cu ₂ O, Ba ₃ Cr ₄ F ₂₀ Na ₂ , CsO ₄ PZn, F ₉ Fe ₂ NaPb
3	ST3	SiO ₂ , Cr, CuO ₇ V ₂ , Cu ₂ O, MgO, Fe _{0.4} Mg _{0.6} O,
4	ST4	SiO ₂ , Cu ₂ O, Cu ₃ H ₄ I ₆ O ₂₀ , CuF,
5	ST5	SiO ₂ , MgO, Cr ₂ F ₅ , Cr _{0.761} O ₆ Ta _{2.033} , Br ₂ Cr ₂₄ K ₂ O ₅₉ Si ₁₆ ,
6	SD1	SiO ₂ , A ₂ O ₈ SrZn ₂ , Cr ₂ F ₅ , As ₈ Hg ₃ S ₂₀ SbTl ₄ ,
7	SD2	SiO ₂ , Cu ₂ O, FeGa ₁₂ Ho ₄ , MgO, Fe _{0.4} Mg _{0.6} O

8	SD3	SiO ₂ , CrCs ₂ I ₂ O ₁₂ U, BaCuF ₂ O ₃ , Cr ₃ F ₁₇ Rb ₂ , Fe _{0.44} Mg _{0.56} O ₃ Si,
9	SD4	SiO ₂ , Ag _{0.5} Cu ₃ Mo _{2.5} O ₁₂ V _{0.5} , BaCuF ₂ O ₃ ,
10	SD5	SiO ₂ , CaCuO ₇ V ₂ , CrCsI ₂ O ₁₂ U, Cu ₂ O, Cr ₂ F ₅ , FeGa ₁₂ Ho ₄ ,

Adanya absorpsi atau emisi radiasi disebabkan karena adanya transisi elektronik, yaitu perpindahan elektron dalam atom, dari tingkat energi yang satu ke tingkat energi yang lain.

Pada tabel 4 terlihat bahwa konsentrasi logam berat Pb yang terdapat di sedimen dasar dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 14,47 ppm hingga 18,57 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 18,57 pada titik 4. Konsentrasi logam berat Pb yang terdapat di sedimen terlarut dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 9,23 ppm hingga 22,40 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 22,40 pada titik 4. Rata-rata konsentrasi Pb dalam sedimen terlarut lebih besar dari sedimen dasar. Konsentrasi Pb di sungai Tabalong dalam keadaan aman. Pertambahan pasir memberi pengaruh pada tingginya konsentrasi Pb, perbaikan mesin penyedot pasir dan pengisian bahan bakar (tetra etil timbal). Konsentrasi ini berada dalam keadaan aman, yang mana konsentrasi Pb dalam perairan tawar maksimal 27 mg/l atau 27 ppm.

Konsentrasi logam berat Cu yang terdapat di sedimen dasar dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 13 ppm hingga 21,1 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 21,1 ppm pada titik 2. Konsentrasi logam berat Cu yang terdapat di sedimen terlarut dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 5,00 ppm hingga 27,17 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 27,17 ppm pada titik 1 dan 4. Rata-rata konsentrasi Cu dalam sedimen terlarut dan sedimen dasar pada sungai Tabalong masih dalam keadaan aman. Logam tembaga (Cu) merupakan salah satu



Tabel 3. Hasil analisa serapan spektrum serapan atom (AAS) Sampel dari sungai Tabalong kalsel

NO	PARAMETER						
	SAMPEL	Pb(ppm)	Cd(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Cr(ppm)	Hg(ppm)
1.	ST1	19,67	1,1	27,17	72,33	21,4	0,0000122
2.	ST2	9,23	0,77	5	18,13	5,4	0,0000144
3.	ST3	14,5	0,9	14,6	34,37	11,37	0,00002
4.	ST4	22,4	1,07	27,17	62,67	21,7	0,0000086
5.	ST5	16,37	1,07	18,07	52,67	14,8	0,0000095
6.	SD1	15,43	0,8	19	46,67	11,37	0,000001
7.	SD2	18,57	1,13	21,1	57	13,97	0,0000146
8.	SD3	14,47	0,9	13	42	11,53	0,0000204
9.	SD4	14,93	0,77	17,2	35,5	10,93	0,0000174
10.	SD5	16,17	1	14,87	33,27	15,4	0,000015

logam esensial yang diperlukan makhluk hidup. Cu banya terdapat dalam air, tanah, dan udara baik dalam bentuk ion maupun persenyawaan. Semakin meningkatnya aktifitas dan tuntutan kesejahteraan manusia akan berdampak pada peningkatan pencemaran berbagai logam berat di antaranya adalah Cu. Sumber penyumbang pecemaran logam berat Cu dapat berasal dari penggunaan pestisida berlebihan. Konsentrasi ini berada dalam keadaan aman yang mana konsentrasi Cu dalam sedimen maksimal 49,98 ppm.

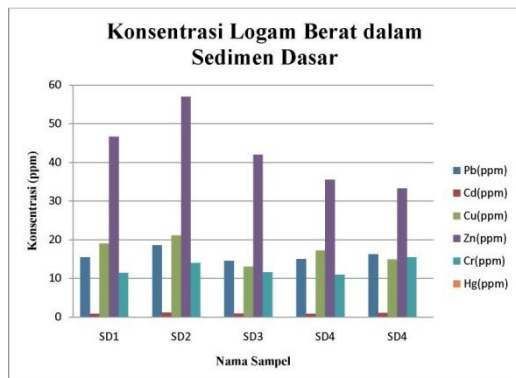
Konsentrasi logam berat Cd yang terdapat di sedimen dasar dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 0,8 ppm hingga 1,13 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 1,13 pada titik 2. Konsentrasi logam berat Cd yang terdapat di sedimen terlarut dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 0,7 ppm hingga 1,10 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 1,10 pada titik 1. Logam Cd biasa digunakan untuk pelapis karena sifatnya sebagai anti korosif. Konsentrasi Cd ini diduga akibat telah terjadi pengendapan bersama partikel-partikel tersuspensi yang cenderung mengikat unsur logam berat dan mengendapkannya ke sedimen. Konsentrasi ini berada dalam keadaan aman yang mana konsentrasi Cd dalam sedimen maksimal 31 ppm.

Konsentrasi logam berat Cr yang terdapat di sedimen dasar dari titik 1 hingga

titik 5 berkisar dari 10,93 ppm hingga 15,4 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 15,4 ppm pada titik 5. Konsentrasi logam berat Cr yang terdapat di sedimen terlarut dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 5,40 ppm hingga 21,70 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 21,70 ppm pada titik 4. Konsentrasi ini berada dalam keadaan aman yang mana konsentrasi Cr dalam sedimen maksimal 76 ppm.

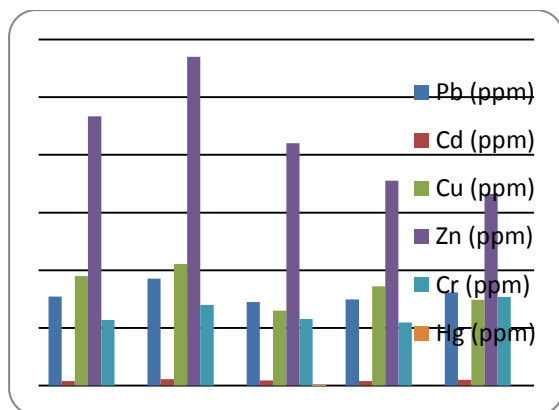
Konsentrasi logam berat Zn yang terdapat di sedimen dasar dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 42 ppm hingga 57 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 57 ppm pada titik 2. Konsentrasi logam berat Zn yang terdapat di sedimen dasar dari titik 1 hingga titik 5 berkisar dari 18,13 ppm hingga 62,67 ppm dan konsentrasi tertinggi adalah 62,67 ppm pada titik 4. Logam berat Zn adalah logam berat yang konsentrasi tertinggi pada penelitian ini, hal ini diduga karena banyaknya pembangunan seperti rumah maupun ruko atau bangunan lain yang mana beberapa bangunan menggunakan seng yang mana beberapa serpihan terjatuh atau dibuang ke sungai. Konsentrasi logam berat Zn ini juga diduga disumbang oleh sampah-sampah rumah tangga seperti sampah baterai atau komponen elektronik lain. Konsentrasi ini berada dalam keadaan aman yang mana konsentrasi Zn dalam sedimen maksimal 140 ppm.





Gambar 2. Konsentrasi logam berat dalam sedimen dasar (SD1, SD2, SD3, SD4 dan SD5)

Konsentrasi merkuri (Hg) baik di sedimen dasar ataupun sedimen terlarut konsentrasinya sangat kecil yakni hanya berkisar dari $<0,000001$ ppm – $0,0000204$ ppm. Dengan kata lain konsentrasi Hg berada dalam batas aman khususnya pada titik-titik sampel.



Gambar 3. Konsentrasi logam berat dalam sedimen dasar (ST1, ST2, ST3, ST4 dan ST5)

KESIMPULAN

Hasil pengukuran dan analisa beberapa parameter pada sampel sedimen dasar dan sedimen terlarut di daerah aliran sungai tabalong di Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan menunjukkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil pengukuran suseptibilitas magnetik tidak terlihat adanya logam berat sebab berdasarkan hasil pengukuran suseptibilitas sampel

didominasi oleh mineral amphiboles dengan formula Mg, Fe, Al, Silika (SiO₂). Berdasarkan XRD di dominasi oleh mineral silika dan logam berat lain yang berikatan dengan unsur lain.

2. Konsentrasi logam berat nampak terlihat pada analisa AAS di mana dalam sedimen dasar pada Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Hg berturut-turut adalah 18,57 ppm, 1,13 ppm, 21,1 ppm, 46, 67 ppm, 15,4 ppm, dan 0,000015 ppm. Konsentrasi logam berat dalam sedimen terlarut pada Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, dan Hg berturut-turut adalah 22,4 ppm, 1,07 ppm, 27,17 ppm, 72,33 ppm, 21,7 ppm, dan 0,0002. Dimana konsentrasi-konsentrasi tersebut masih berada dalam batas aman.
3. Sebaran nilai suseptibilitas magnetik pada sedimen dasar maupun sedimen terlarut adalah pada bagian hulu sungai relatif tinggi dan semakin ke hilir sungai semakin menurun. Namun pada sedimen terlarut nilai suseptibilitas tertinggi berada di bagian tengah sungai pada titik pengambilan sampel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini bisa terlaksana atas bantuan dan kerjasama dari beberapa pihak, yaitu : Bapak Totok Wianto, M.Si yang pada kesempatan ini memberikan analisis data dan Enny Lestiana yang telah memberikan sumbangan ide dan tenaga secara khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- www.Antaranesw.com
 Di akses tanggal 10 Juni 2012.
 Yoshida, M. N, Jedidi. H, Hamdi., F, Ayari., & A, Hassen. 2003. *Magnetic Susceptibility Variation of MSW Compost-Amended Soil: In Situ Method for Monitoring Heavy*



- Metal Contamination*. Waste Management Research, v.21, p155-160.
- Kapička, A. N, Jordanova. E, Petrovský. & V, Podrázský. 2003, *Magnetic Study of Weakly Contaminated Forest Soils, Water, Air, and Soil Pollution*. v. 148, p 1-4.
- Urbat, M., E, Lehndorff, & L, Schwark. 2004, *Biomonitoring of Air Quality in the Cologne Conurbation Using Pine Needles as a Passive Sampler—Part I: Magnetic Properties*, Atmospheric Environment, v. 38, p 3781-3792.
- Nurbaiti, U. 2007. *Pengukuran Suseptibilitas Magnetik Sebagai Indikator Polusi Logam Berat Sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Kaligarang Di Semarang, Jawa Tengah*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
- Nurbaiti, U. 2011. *Magnetik Properties of Suspended of Polluted Heavy Metal Sediments from Semarang Rivers*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
- Bijaksana, S., 2002, *Analisa Mineral Magnetik dalam Masalah Lingkungan*. Journal Geofisika, v. 1, p 19-27.
- www.tabalongkab.go.id. Di akses tanggal 1 Juni 2012.
- Beatty, R, & D, Jack. 1993. *Concepts Instrumentation, Technique in AAS 2nd Norwalk USA:Perkin-Elmer*.
- Tarling D.H. & F. Hrouda. 1997. *The Magnetik Anisotropi of Rock*. Chapman and Hall. London.
- Dearing, J.A, 1999. *Environmental Magnetic Suseptibility Using the Bartington MS2 System*. British Library cataloging in Publication Data.
- Dunlop, D.J and O. ozdemir. *Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers*. 573 pp. Cambridge University Press, 1997
- Hutagalung, H.P, 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat dan Petunjuk Praktek Logam Berat*. Jakarta : Erlangga
- EPA. 1973. *Water quality criteria. Environmental protection agency. Ecology research series*. Washington.
- Hutabarat, S & S. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia : Jakarta.
- Boehm, P.D. 1987. *Transport and transformation proess regarding hydrocarbon and metal pollution in offshore sedimentary environment in: Long term effect of shore oil and gas development*. D.F. Boesch and N.N. Rabalai. Elsvier applied science. London.
- Ratnasari, D. 2009. *Tugas Kimia Fisika X-Ray Diffraction (XRD)*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Ory. 2009. *Prinsip Dasar Spektroskopi Difraksi*.
<http://orybun.blogspot.com.2009/05/Prinsip-Prinsip-Dasar-Spektroskopi-difraksi.html> . Diakses pada tanggal 12 Januari 2013
- Ginting, Ilias, Hermawan, S. dan Enecy, T. 2005. *Pembuatan Perangkat Lunak Analisis Kualitatif Difraksi Sinar-X dengan Metode Hawalt*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknik Nuklir. Bandung : P3TKN-BATAN 14-15 Juni 2005.
- Price WJ. 1972. *Analytical Atomic Absorption Spectrometry*. London : Heyden dan Son.

