

**ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PADA SEDIMEN SUNGAI
BATANG LEMBANG KOTA SOLOK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



ANDRES HIDAYAT

NIM. 00324

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2015**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Analisis Suseptibilitas Magnetik pada Sedimen Sungai
Batang Lembang Kota Solok

Nama : Andres Hidayat

NIM : 00324

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 3 Agustus 2015

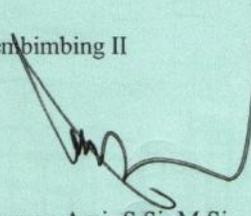
Disetujui oleh :

Pembimbing I



Drs. Mahrizal, M.Si.
NIP. 19510512 197603 1 005

Pembimbing II



Harman Amir S.Si, M.Si.
NIP. 19701003 199903 1 003

PENGESAHAN LULUSAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Andres Hidayat
NIM : 00324
Program Studi : Fisika
Jurusan Fisika : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

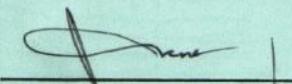
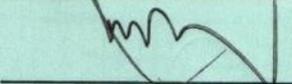
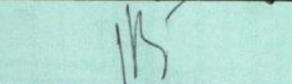
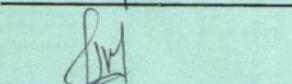
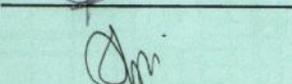
dengan judul

ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PADA SEDIMEN SUNGAI
BATANG LEMBANG KOTA SOLOK

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 10 Agustus 2015

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Drs. Mahrizal, M.Si.	
Sekretaris	: Harman Amir, S.Si, M.Si.	
Anggota	: Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.	
Anggota	: Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D.	
Anggota	: Dra. Hidayati, M.Si.	

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan dan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Agustus 2015
Saya yang menyatakan



Andres Hidayat

ABSTRAK

ANDRES HIDAYAT : Analisis Suseptibilitas Magnetik pada Sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok

Sungai merupakan bagian yang penting dari suatu perkotaan. Pembuangan limbah domestik dan limbah industri ke sungai serta aktifitas lalu lintas yang tinggi di perkotaan adalah sebagian dari penyebab pencemaran sungai. Kandungan zat padat tersuspensi dalam air sungai akan meningkat sebagai akibat dari sedimentasi. Hasil sedimentasi dapat digunakan sebagai indikator kondisi daerah aliran sungai. Untuk itu dilakukan penelitian mengenai tingkatan polusi dan kandungan mineral magnetik pada sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok. Pada penelitian ini diterapkan metode suseptibilitas magnetik untuk mengetahui tingkatan polusi dan kandungan mineral magnetik pada sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok.

Penelitian ini menggunakan 30 sampel sedimen yang diambil di 1 kecamatan di Kabupaten Solok meliputi 2 nagari dan 2 kecamatan di Kota Solok meliputi 7 kelurahan. Pengukuran sampel menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter type MS2*. Setelah diperoleh nilai suseptibilitas magnetiknya, maka dapat ditentukan tingkat polusinya (rendah, sedang dan tinggi) dan korelasi antara suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas bergantung frekuensi.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan diperoleh nilai suseptibilitas magnetik dalam rentang $1670,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dan $4226,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi yang tercemar tinggi. Nilai suseptibilitas paling tinggi terdapat pada Kelurahan Pasar Pandan Aie Mati Kecamatan Lubuk Sikarah. Korelasi antara suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas bergantung frekuensi diperoleh nilai 0,7043 atau 70,43 %. Ini menunjukkan adanya korelasi yang tinggi.

KATA PENGANTAR

Bismillahir rahmaanir rahiim. Alhamdulillah rabbil ‘aalamiin. Segala puji dan syukur yang mendalam penulis sampaikan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dengan judul “Analisis Suseptibilitas Magnetik pada Sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok”.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Dalam penyelesaian skripsi ini penulis telah banyak mendapat motivasi, arahan, bimbingan, serta nasehat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini dengan kerendahan hati dan ketulusan penulis mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si., sebagai pembimbing I, atas motivasi, bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga terselesaikannya skripsi ini, dan juga sebagai Ketua Laboratorium Geofisika yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian di Laboratorium Geofisika FMIPA UNP.
2. Bapak Harman Amir, S.Si, M.Si., sebagai pembimbing II, yang dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis, dan juga sebagai Penasehat Akademis di Jurusan Fisika FMIPA UNP.
3. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D., Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., dan Ibu Dra. Hidayati, M.Si. sebagai tim penguji yang telah memberikan motivasi, saran dan arahan kepada penulis.
4. Bapak Drs. Akmam M.Si. sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP.

5. Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd. sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Ibu Dra. Hidayati, M.Si. sebagai Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNP.
7. Seluruh staf pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP yang telah membekali ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama perkuliahan.
8. Khusus dan istimewa kepada kedua orang tua dan keluarga penulis yang mencurahkan perhatian, motivasi, dan doa yang selalu mengiringi langkah penulis.
9. Teman-teman seperjuangan Jurusan Fisika UNP yang telah memberi dukungan dan motivasi.

Di penghujung kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak dan penulis mengharapkan kritik dan saran demi kelengkapan skripsi ini. Semoga semua kritik, dan saran menjadi catatan postif untuk menjadikan skripsi ini lebih baik.

Padang, September 2015

Andres Hidayat
NIM. 00324

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	
1. Sedimen	8
2. Mineral Magnetik	10
3. Unsur-unsur Dasar Penyusun Mineral Magnetik.....	13
4. Kemagnetan Bahan	15
5. Suseptibilitas Magnetik.....	19
6. Mineral Magnetik sebagai Indikator Pencemaran Lingkungan	20
7. Tingkat Polusi Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik	22
8. Suseptibilitas Bergantung Frekuensi	23
B. Penelitian Relevan	25
C. Kerangka Berpikir Penelitian	25
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	27
B. Tempat dan Waktu Penelitian	27
C. Instrumen Penelitian	
1. <i>Ekman Grab</i>	29

2. <i>Neraca Elektrik Digital</i>	30
3. <i>Bartington Magnetic Susceptibility Meter type MS2</i>	31
D. Prosedur Penelitian	
1. Tahap Persiapan.....	33
2. Tahap Pengambilan Sampel.....	33
3. Persiapan Pengukuran Sampel	34
4. Pengukuran Suseptibilitas Magnetik	35
E. Teknik Analisa Data	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	
1. Hasil Pengukuran Suseptibilitas Magnetik di Kecamatan Kubung.....	37
2. Hasil Pengukuran Suseptibilitas Magnetik di Kecamatan Lubuk Sikarah.....	39
3. Hasil Pengukuran Suseptibilitas Magnetik di Kecamatan Tanjung Harapan.....	43
B. Pembahasan dan Analisis Data.....	45
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tingkatan polusi berdasarkan nilai suseptibilitas	23
2. Interpretasi nilai suseptibilitas bergantung frekuensi terhadap konsentrasi partikel superparamagnetik (SP).....	24
3. Jumlah sampel sedimen pada masing-masing kecamatan di Kota Solok	28
4. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Nagari Selayo Kecamatan Kubung	38
5. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Nagari Tanjung Bingkung Kecamatan Kubung	38
6. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Kelurahan Kampai Tabu Karambia Kecamatan Lubuk Sikarah	39
7. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Kelurahan IX Korong Kecamatan Lubuk Sikarah	40
8. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Kelurahan Sinapa Piliang Kecamatan Lubuk Sikarah.....	41
9. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Kelurahan Pasar Pandan Aie Mati Kecamatan Lubuk Sikarah.....	42
10. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Kelurahan VI Suku Kecamatan Lubuk Sikarah	42
11. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Kelurahan Aro IV Korong Kecamatan Tanjung Harapan	44
12. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen di Kelurahan Kampung Jawa Kecamatan Tanjung Harapan.....	45
13. Lokasi titik pengambilan sampel dan nilai suseptibilitas magnetik (f_l dan f_h)	46
14. Tingkat polusi masing-masing sampel dan kelurahan	49
15. Nilai suseptibilitas magnetik (f_l dan f_h) dan suseptibilitas bergantung frekuensi (f_d)	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram <i>Ternary</i> yang menggambarkan komposisi mineral dalam keluarga oksida titanium besi.....	11
2. Struktur Kristal <i>Magnetite</i>	12
3. Struktur Kristal <i>Hematite</i>	13
4. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi < 0$). (b) Suseptibilitas (χ) tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik	16
5. (a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi > 0$). (b) Suseptibilitas (χ) tergantung pada temperatur (T) untuk bahan paramagnetik	17
6. Kurva Histerisis	18
7. Kerangka berfikir penelitian	26
8. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen di Sungai Batang Lembang Kota Solok	28
9. Ekman Grap	30
10. Neraca Elektrik Digital type ABT 220-5DM.....	30
11. <i>Bartington Magnetic Susceptibility Meter type MS2</i>	31
12. Tampilan panel <i>Bartington Magnetic Susceptibility Meter type MS2</i>	33
13. Grafik suseptibilitas magnetik semua sampel.....	47
14. Grafik suseptibilitas bergantung frekuensi (f_d).....	52
15. Grafik korelasi antara suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas bergantung frekuensi (f_d)	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Koordinat Geografis Titik Pengambilan Sampel Sedimen	
Sungai Batang Lembang Kota Solok.....	59
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkotaan memiliki pertumbuhan jumlah penduduk yang besar. Pertumbuhan tersebut seringkali menimbulkan masalah dalam menata perkotaan. Salah satunya adalah penyediaan sarana dan prasarana perkotaan yang terkadang tidak dapat mengejar peningkatan kebutuhan masyarakat. Hal ini akan mempengaruhi lingkungan. Faktor yang mempengaruhi lingkungan salah satunya adalah pengelolaan sampah. Seiring dengan terus meningkatnya kegiatan penduduk perkotaan, lahan tempat pembuangan akhir sampah makin terbatas. Kondisi ini makin memburuk manakala pengelolaan sampah di masing-masing daerah masih kurang efektif, efisien, berwawasan lingkungan dan tidak terkoordinasi dengan baik. Perlu dilakukan penanganan khusus tentang permasalahan sampah karena nantinya dapat menimbulkan pencemaran air sungai di perkotaan.

Sungai merupakan air tawar yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar. Dalam Peraturan Pemerintah RI No. 35 Tahun 1991 tentang sungai disebutkan bahwa sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Sungai juga berfungsi sebagai sarana alat transportasi, sumber bahan baku tenaga listrik, dan sebagai tempat mata pencaharian. Oleh karena itu, sungai merupakan

bagian yang penting dari suatu daerah atau kota. Apabila sungai tersumbat, aliran air yang mengalir dari daratan tentunya tidak bisa tersalurkan dengan lancar, hal itu bisa mengakibatkan berbagai permasalahan.

Pencemaran air sungai di perkotaan bukanlah suatu permasalahan yang muncul begitu saja. Perkotaan identik dengan jumlah penduduk yang padat. Untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang banyak ini dibutuhkan sumber daya alam yang tidak sedikit. Pemenuhan itu dapat tercapai salah satunya dengan memanfaatkan segala potensi yang tersedia di alam. Berbagai aktivitas dijalani penduduk kota untuk memenuhi kebutuhannya. Banyak aktivitas manusia yang sering kali mengabaikan keadaan dan kelestarian lingkungan di sekitarnya serta tidak bertanggung jawab sehingga merusak keseimbangan alam. Salah satunya adalah tercemarnya sungai-sungai di perkotaan.

Tercemarnya sungai-sungai di beberapa kota besar telah mencapai tahap yang serius. Pembuangan limbah rumah tangga dan limbah industri ke sungai-sungai di perkotaan adalah sebagian dari penyebabnya. Pada dasarnya sumber pencemar dapat dibedakan menjadi sumber domestik, yaitu berupa limbah dari rumah tangga dan sumber nondomestik, yaitu limbah dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, dan lain-lain. Limbah yang masuk ke dalam sungai menyebabkan meningkatnya kesuburan air dengan meningkatnya kandungan hara dan aspek-aspek kimia seperti Oksigen terlarut, Karbondioksida dan Nitrogen pada sungai. Hal tersebut akan berakibat terhadap penurunan kualitas air sungai. Selain itu, kandungan zat padat

tersuspensi dalam air sungai juga akan meningkat sebagai akibat dari sedimentasi.

Sedimen merupakan material hasil erosi yang dibawa oleh aliran air sungai dari daerah hulu dan kemudian mengendap di daerah hilir (Rahayu, dkk, 2009). Kebanyakan sumber dari material sedimen adalah daratan, dimana erosi dan pelapukan batuan berperan terhadap pengikisan daratan dan ditransportasikan ke sungai, danau dan laut. Hampir semua keping dan serpihan batu yang merupakan pecahan batu padat permukaan bumi mengendap di suatu tempat sebagai sedimen. Lingkungan tempat pengendapan beragam dari lereng curam pegunungan, lembah sungai, pantai sampai dasar laut dangkal di pinggir pulau dan laut dalam. Besarnya aliran sedimen atau hasil sedimen digunakan sebagai indikator kondisi daerah aliran sungai. Sungai-sungai di perkotaan yang mengalami sedimentasi dan terkontaminasi oleh berbagai limbah akan menurunkan kualitas airnya.

Djajadiningrat (1992) menyatakan bahwa ciri-ciri air tanah tercemar diantaranya adalah badan air ditandai dengan warna gelap, berbau, menimbulkan gas, mengandung bahan organik tinggi, kadar oksigen terlarut rendah, matinya kehidupan di dalam air umumnya ikan dan air tidak lagi dapat dipergunakan sebagai bahan baku air minum. Kota-kota dan daerah yang berada di Sumatera Barat sebagian sungainya telah tercemar, salah satunya Sungai Batang Lembang di Kota Solok.

Sungai Batang Lembang di Kota Solok selain berfungsi sebagai pengendali banjir, sekaligus dijadikan tempat pembuangan sampah. Sungai

besar yang membelah Kota Solok dengan muara ke Danau Singkarak ini kondisinya kian tak sehat, begitupun kestabilan ekosistem di dalamnya yang selama ini berpotensi memberikan nilai tambah bagi ekonomi warga. Beberapa spesies endemik sungai Batang Lembang seperti ikan baung, mansai dan garing kini menjadi langka. Selain sebagai pembuangan sampah rumah tangga, sungai Batang Lembang oleh warga juga dijadikan areal strategis pembuangan limbah industri seperti limbah industri makanan, limbah Pasar Raya Solok dan sebagainya. Berbagai limbah ini sangat berbahaya bagi lingkungan apabila mengandung zat kimia beracun dan logam berat.

Pencemaran logam berat sangat berbahaya bagi lingkungan. Logam berat merupakan logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5gr/cm^3 . Beberapa logam berat yang beracun diantaranya arsen (As), kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), dan seng (Zn). Pencemaran lingkungan sangat berbahaya terutama oleh logam berat pada kawasan perairan, baik akibat penggunaan airnya untuk konsumsi sehari-hari maupun ketika mengkonsumsi biota air tawar yang hidup di perairan tercemar tersebut. Akibat yang lebih parah adalah ketika manusia yang mengkonsumsi ikan yang telah mengakumulasi logam berat tersebut dimana dapat mengakibatkan keracunan dan kematian.

Kandungan logam berat memiliki hubungan yang kuat dengan suseptibilitas magnetik. Suseptibilitas magnetik merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mineral magnetik. Nilai suseptibilitas

magnetik suatu bahan pun dapat ditentukan baik pada sampel di laboratorium maupun dilakukan di lapangan pada permukaan tanah atau permukaan singkapan batuan. Penentuan nilai suseptibilitas magnetik dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter*.

Mineral magnetik merupakan polutan yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan apabila tingkatannya sudah termasuk tinggi. Kajian mendalam yang dilakukan pada mineral-mineral magnetik karena informasi tentang kelimpahannya di alam dapat digunakan sebagai indikator masalah-masalah lingkungan (Bijaksana, 2002). Tingkatan polusi bisa diketahui melalui metoda suseptibilitas magnetik. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran nilai suseptibilitas magnetik untuk mengetahui tingkatan polusi dan menganalisis kandungan mineral magnetik pada sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian yaitu bagaimana tingkatan polusi dan kandungan mineral magnetik pada sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok menggunakan metode suseptibilitas magnetik.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan di atas dan adanya keterbatasan penulis maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Lokasi pengambilan sampel yaitu di beberapa titik lokasi dalam kecamatan-kecamatan yang terdapat di Kota Solok dan satu kecamatan di Kabupaten Solok.
2. Sampel sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok dibagi menjadi 3 golongan yaitu suseptibilitas tinggi, suseptibilitas sedang, dan suseptibilitas rendah.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkatan polusi dan kandungan mineral magnetik pada sedimen Sungai Batang Lembang Kota Solok menggunakan metode suseptibilitas magnetik.

1. Mengetahui nilai suseptibilitas magnetik pada sampel sedimen Sungai Batang Lembang di Kota Solok.
2. Mengetahui pengaruh aktifitas manusia terhadap nilai suseptibilitas magnetik Sungai Batang Lembang di Kota Solok.
3. Mengetahui korelasi antara suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas bergantung frekuensi.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu indikator terjadinya pencemaran lingkungan di Sungai Batang Lembang Kota Solok.
2. Sebagai acuan/referensi bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian lanjutan yang relevan.

3. Bagi penulis merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi Strata-1 (satu) Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Padang serta menambah pemahaman dan wawasan penulis mengenai metode suseptibilitas magnetik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Sedimen

Sedimen merupakan sekumpulan rombakan material yaitu batuan, mineral, dan bahan organik yang mempunyai ukuran butir tertentu (Pethick, 1984). Menurut Rahayu, dkk (2009) Sedimen merupakan material hasil erosi yang dibawa oleh aliran air sungai dari daerah hulu dan kemudian mengendap di daerah hilir. Proses erosi di hulu meninggalkan dampak hilangnya kesuburan tanah sedangkan pengendapan sedimen di hilir seringkali menimbulkan persoalan seperti pendangkalan sungai dan waduk di daerah hilir. Oleh karena itu besarnya aliran sedimen atau hasil sedimen digunakan sebagai indikator kondisi daerah aliran sungai.

Kebanyakan sumber dari material sedimen adalah daratan, dimana erosi dan pelapukan batuan berperan terhadap pengikisan daratan dan ditransportasikan ke laut. Hampir semua keping dan serpihan batu yang merupakan pecahan batu padat permukaan bumi mengendap di suatu tempat sebagai sedimen. Lingkungan pengendap berbeda satu sama lain dan sangat mempengaruhi ciri sedimen yang dihasilkan. Lingkungan tempat pengendapan beragam dari lereng curam pegunungan, lembah sungai, pantai sampai dasar laut dangkal di pinggir pulau dan laut dalam (Hartoko, 2010).

Faktor-faktor yang mengontrol terbentuknya sedimen adalah iklim, topografi, vegetasi dan juga susunan yang ada dari batuan. Sedangkan faktor

yang mengontrol pengangkutan sedimen adalah air, angin, dan juga gaya gravitasi. Sedimen dapat terangkut baik oleh air, angin, dan bahkan salju.

Mekanisme pengangkutan sedimen oleh air dan angin sangatlah berbeda. Pertama, karena berat jenis angin relatif lebih kecil dari air maka angin sangat susah mengangkut sedimen yang ukurannya sangat besar. Besar maksimum dari ukuran sedimen yang mampu terangkut oleh angin umumnya sebesar ukuran pasir. Kedua, karena sistem yang ada pada angin bukanlah sistem yang terbatas seperti layaknya sungai maka sedimen cenderung tersebar di daerah yang sangat luas bahkan sampai menuju atmosfer. Sedimen-sedimen yang ada terangkut sampai di suatu tempat yang disebut cekungan. Di tempat tersebut sedimen sangat besar kemungkinan terendapkan karena daerah tersebut relatif lebih rendah dari daerah sekitarnya dan karena bentuknya yang cekung ditambah akibat gaya gravitasi dari sedimen tersebut maka susah sekali sedimen tersebut akan bergerak melewati cekungan tersebut. Dengan semakin banyaknya sedimen yang diendapkan, maka cekungan akan mengalami penurunan dan membuat cekungan tersebut semakin dalam sehingga semakin banyak sedimen yang terendapkan. Penurunan cekungan sendiri banyak disebabkan oleh penambahan berat dari sedimen yang ada dan kadang dipengaruhi juga struktur yang terjadi di sekitar cekungan seperti adanya patahan.

Rahayu, dkk (2009) mengklasifikasikan sedimen di sungai menjadi dua jenis yaitu sedimen melayang (*suspended load*) dan sedimen merayap (*bed load*). Pengukuran sedimen melayang dapat dilakukan dengan mengambil

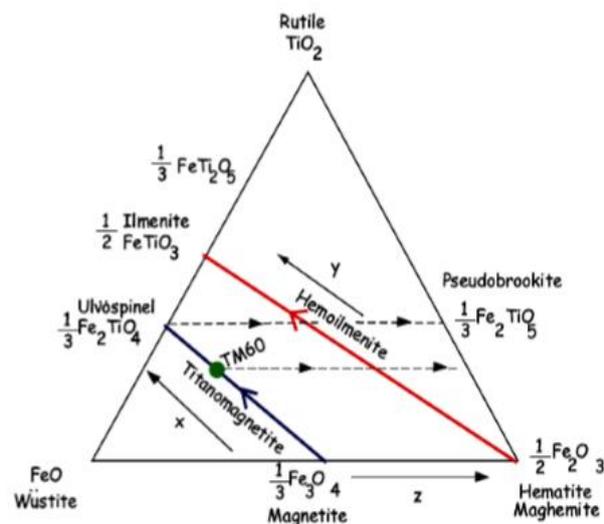
contoh air sungai melalui metode pengambilan langsung di permukaan (*grab samples*; untuk sungai yang homogen) atau metode integrasi kedalaman (*depth integrated*; untuk sungai dalam dan tidak homogen). Sedangkan sedimen merayap diambil dengan metode perangkap. Sedimen melayang akan dialirkan lebih jauh dibandingkan dengan sedimen merayap. Disamping itu sedimen melayang biasanya juga mengandung partikel-partikel lain seperti zat hara atau bahan lain yang dapat mencemari air. Oleh karena itu penetapan hasil sedimen melayang lebih sering dilakukan dibandingkan sedimen merayap.

2. Mineral Magnetik

Umumnya mineral-mineral yang terdapat di alam ini dapat dieksplorasi dan dimanfaatkan oleh manusia. Sehingga mineral-mineral yang ada di muka bumi ini menjadi sumber alam yang sangat bermanfaat bagi manusia. Mineral merupakan bahan padatan anorganik yang terbentuk melalui reaksi-reaksi kimia dan secara alamiah. Mineral merupakan penyusun utama batuan oleh karena itu, mineral terdapat dalam berbagai jenis batuan. Mineral ini memiliki 3 sifat bahan magnetik yaitu diamagnetik, paramagnetik dan ferromagnetik. Dari ketiga sifat bahan magnetik ini istilah mineral magnetik biasanya hanya untuk mineral yang tergolong ferromagnetik (Bijaksana, 2002).

Bahan yang bersifat ferromagnetik memiliki kemagnetan yang paling kuat. Ferromagnetik umumnya tergolong ke dalam keluarga Oksida Titanium Besi, Sulfida Besi dan Hidroksida Besi. Keluarga Oksida Titanium Besi terdiri dari mineral *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* ($-\text{Fe}_2\text{O}_3$) dan *maghemite* ($-\text{Fe}_2\text{O}_3$). Keluarga Sulfida Besi terdiri dari mineral *Greigite* (Fe_3S_4) dan *pyrrhotite*

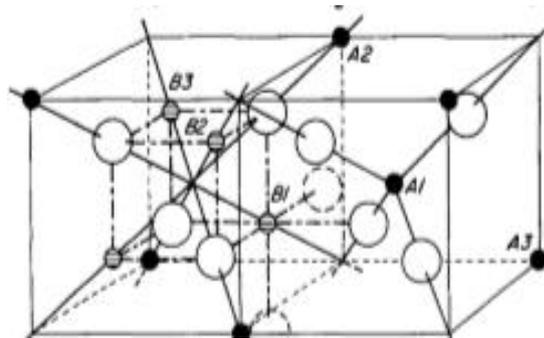
(Fe_7S_8), sedangkan yang termasuk ke dalam keluarga Hidroksida Besi adalah *goethite* ($-\text{FeOOH}$). Keluarga oksida titanium besi merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral-mineral magnetik yang paling dominan terdapat di alam. Mineral anggota keluarga oksida titanium besi yang memiliki berbagai macam komposisi yang menggambarkan variasi *iron oxide*, tetapi hanya cenderung mengikuti dua deret yang betul-betul penting yaitu: *titanomagnetite* dan *hemoilmenite*. Pada deret *titanomagnetite* ditemukan sebagai mineral *ulvospinel* dan mineral *magnetite*, sedangkan pada deret *hemoilmenite* ditemukan mineral *ilmenite*, mineral *hematite* dan mineral *maghemite* (Tauxe, 2007). Pada puncak segitiga hanya ditemukan TiO_2 saja, pada ujung sebelah kiri terdapat *Wüstite* (FeO), sementara pada ujung sebelah kanan terdapat *Hematite / Maghemite* (Fe_2O_3). Hal ini bisa diperhatikan dari diagram *ternary* yang memberikan gambaran mengenai tiga jenis mineral yang saling berhubungan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram *Ternary* yang menggambarkan komposisi mineral dalam keluarga oksida titanium besi (Tauxe, 2007)

a. Magnetite (Fe_3O_4)

Magnetite adalah salah satu mineral magnetik yang sangat penting di bumi. Hal ini terjadi karena banyak terdapat pada batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf (Dunlop dan Ozdemir, 1997). Jenis *magnetite* yang dapat dilihat dari butirannya adalah pada oksida besi (Butler, 1998). *Magnetite* (Fe_3O_4) merupakan inverse dari struktur (AB_2O_4). Atom oksigen berbentuk kisi berpusat muka dan berupa oktahedral atau tetrahedral. Untuk setiap unit sel tetrahedral A memiliki 4 inti dan 8 inti untuk setiap sel oktahedral pada bagian B (Tauxe, 2007). Seperti yang dilihat pada Gambar 2.

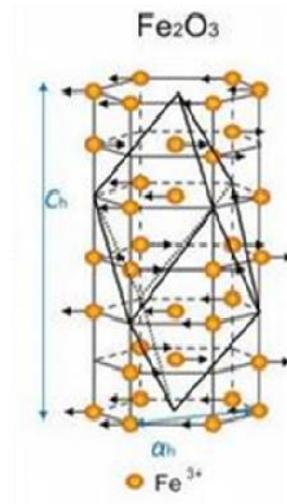


Gambar 2. Struktur Kristal *Magnetite* (Dunlop dan Ozdemir, 1997)

b. Hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)

Mineral *hematite* bersifat ferromagnetik (Evans dan Heller, 2003). *Hematite* secara umum banyak ditemukan dalam tanah dan juga sedimen yang merupakan pembawa magnetisasi utama sebagai informasi penting dalam studi lingkungan (Jelenska, 2008). Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal, seperti Gambar 3. *Hematite* mengkristal dalam struktur

korundum dengan ion oksigen dalam kerangka heksagonal dengan momen magnetik ion Fe^{3+} (Hunt, 1991).



Gambar 3. Struktur Kristal *Hematite* (Dunlop dan Ozdemir, 1997)

c. *Maghemite* ($-\text{Fe}_2\text{O}_3$)

Maghemite merupakan mineral yang teroksidasi penuh dari *magnetite* (Jalenska, 2008). Ikatan kimia *maghemite* hampir sama dengan *hematite*, akan tetapi kedua mineral ini tidak memiliki susunan kristal yang sama (Evans dan Heller, 2003). *Maghemite* memiliki struktur kristal yang sama dengan *magnetite*.

3. Unsur-unsur Dasar Penyusun Mineral Magnetik

Unsur-unsur di alam lebih banyak berupa senyawa dibandingkan dalam keadaan bebas yang bersesuaian dengan bentuk unurnya. Unsur yang mengandung mineral magnetik berasal dari unsur transisi periode keempat. Semua unsur transisi merupakan unsur-unsur logam yang bersifat lunak,

mengkilap, dan penghantar listrik, panas yang baik serta memiliki sifat magnetik (Mc. Murry dan Fay, 2012).

Unsur transisi ini terdapat di antara unsur-unsur golongan alkali tanah dan unsur-unsur golongan boron, yaitu unsur-unsur periode keempat di dalam sistem periodik. Unsur transisi golongan keempat ini terdiri atas Skadium (Sc), Titanium (Ti), Vanadium (V), Kromium (Cr), Mangan (Mn), Besi (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Tembaga (Cu) dan Seng (Zn). Skadium dan Seng mempunyai sifat yang berbeda dari unsur-unsur transisi deret pertama lainnya dari Ti hingga Cu.

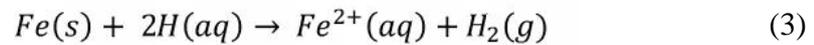
Menurut Achmad (2001), bilangan oksida yang umum adalah +2 dan +3 atau keduanya. Salah satu unsur yang memiliki bilangan oksida ini adalah Fe. Terbentuknya Fe^{2+} dan Fe^{3+} untuk mendapatkan kestabilan dengan melepaskan elektron. Proses pelepasan elektron pada Fe sebagai berikut:



Konfigurasi Fe^{3+} lebih stabil daripada Fe^{2+} jika ditinjau dari konfigurasi elektronnya. Konfigurasi elektron Fe dalam keadaan Fe^{3+} adalah $[Ar]3d^5$, sedangkan untuk Fe^{2+} konfigurasi elektronnya adalah $[Ar]3d^6$. Kestabilan Fe^{3+} terjadi karena orbital d terisi setengah penuh.

Besi (Fe) yang merupakan unsur yang melimpah di kerak bumi yaitu sekitar 6,2% massa kerak bumi dan jarang ditemukan dalam keadaan bebas. Umumnya besi (Fe) ditemukan dalam bentuk mineral (biji besi), seperti *hematite* (Fe_2O_3), *siderite* ($FeCO_3$) dan *magnetite* (Fe_3O_4). Besi yang bereaksi

dengan asam klorida akan menghasilkan gas hidrogen dengan reaksi sebagai berikut:



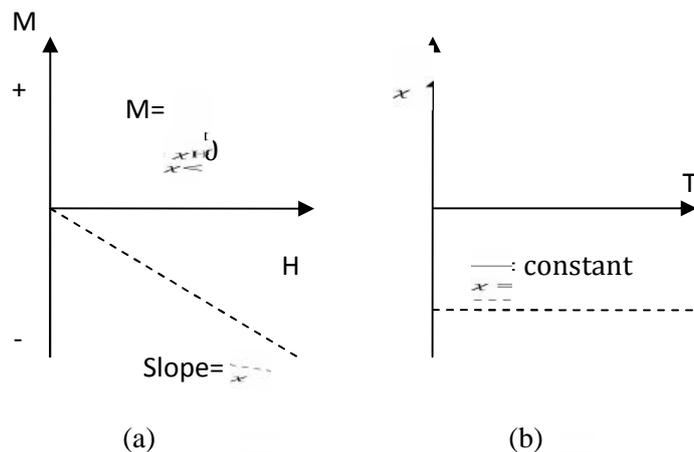
Reaksi tersebut menunjukkan proses terjadinya gas hidrogen dan oksidasi Fe menjadi ion Fe^{2+} . Salah satu proses oksidasi Fe menjadi ion Fe^{3+} di alam karena adanya reaksi Fe terhadap larutan asam sulfat pekat. Contoh senyawa Fe^{2+} di alam antara lain FeO , $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeCl_2$ dan FeS . Apabila terdapat oksigen yang cukup dalam larutan Fe^{2+} , maka ion Fe^{2+} ini akan mudah teroksidasi menjadi ion Fe^{3+} . Sedangkan untuk senyawa Fe^{3+} di alam dapat berupa Fe_2O_3 dan $FeCl_3$.

4. Kemagnetan Bahan

Bahan magnetik adalah suatu bahan yang memiliki sifat kemagnetan dalam komponen pembentuknya. Sifat magnetik suatu bahan sangat bergantung pada kandungan mineral magnetik, ukuran bulir, temperatur dan tekanan. Salah satu cara untuk menentukan mineral penyusun suatu bahan adalah dengan melihat respon bahan tersebut terhadap medan magnet. Semua bahan mempunyai sifat kemagnetan, hanya saja kemagnetan suatu bahan berbeda antara yang satu dengan yang lainnya (Hunt, 1991). Berdasarkan perilaku molekulnya di dalam medan magnetik luar, bahan magnetik terdiri atas tiga kategori, yaitu: diamagnetik, paramagnetik, dan ferromagnetik.

a. Diamagnetik

Diamagnetik adalah sifat dasar yang ada disemua bahan walaupun sangat kecil sekali dipengaruhi oleh magnet (Hunt, 1991). Diamagnetik memiliki suseptibilitas magnetik (χ) kecil dan negatif ($\chi \approx -10^{-5}$) (Butler, 1998). Selain itu, suseptibilitas magnetik (χ) untuk bahan diamagnetik tidak bergantung pada temperatur (Hunt, 1991). Jika pada bahan diamagnetik dilewatkan medan magnet, maka bahan ini akan menghasilkan induksi magnetik yang kecil dan melawan arah medan magnet yang digunakan (Butler, 1998). Magnetisasi bahan diamagnetik sebanding dengan medan magnet (H) yang digunakan. Magnetisasi tersebut akan berkurang atau nol jika medan magnet (H) dihilangkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4. Contoh bahan yang bersifat diamagnetik adalah *Quartz* (SiO_2), *Calcite* (CaCO_3), air (Hunt, 1991).



Gambar 4. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi < 0$). (b) Suseptibilitas (χ) tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik (Hunt, 1991).

b. Paramagnetik

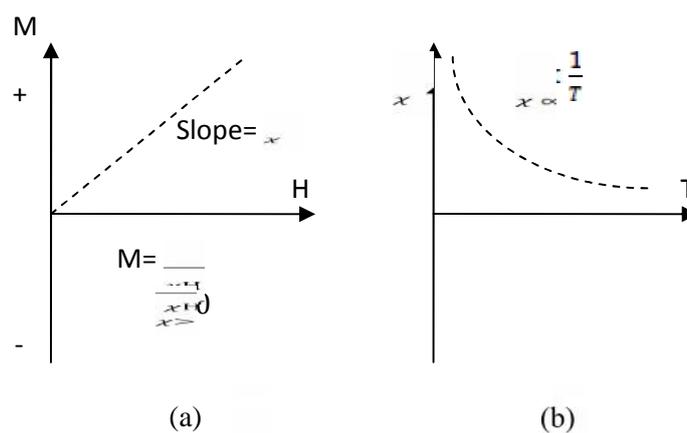
Bahan paramagnetik dapat dipengaruhi oleh magnet tetapi tidak dapat dibuat menjadi magnet. Bahan paramagnetik mempunyai suseptibilitas magnetik (χ) tergantung pada temperatur (Butler, 1998).

Hal ini dinyatakan dengan Hukum Curie:

$$\chi = \frac{c}{T} \quad (4)$$

dimana T adalah temperatur mutlak dan c adalah konstanta Curie.

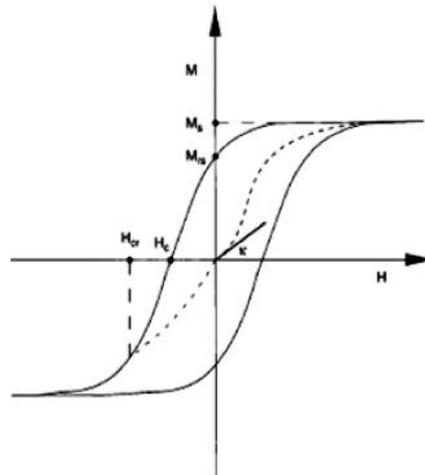
Sifat material paramagnetik yaitu dapat memperoleh magnetisasi hanya dari induksi medan magnet eksternal, magnetisasinya memiliki arah yang sama dengan medan magnet induksi, dapat dilihat pada Gambar 5. Hal ini menyebabkan nilai suseptibilitasnya menjadi positif ($\chi > 0$). Seperti bahan diamagnetik, magnetisasi paramagnetik nol jika medan luar dihilangkan. Contoh bahan paramagnetik adalah *siderite* (FeCO_3), *pyrite* (FeS_2) (Hunt, 1991).



Gambar 5. (a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi > 0$). (b) Suseptibilitas (χ) tergantung pada temperatur (T) untuk bahan paramagnetik (Hunt, 1991)

c. Ferromagnetik

Bahan ferromagnetik sangat kuat dibandingkan dengan diamagnetik dan paramagnetik. Bahan ferromagnetik memiliki suseptibilitas magnetik (χ) positif dan besar (χ 50 sampai 10000). Bahan ferromagnetik akan berubah sifat menjadi paramagnetik apabila dipanaskan di atas temperatur *Curie* (Butler, 1998). Sifat magnet yang kuat dari bahan ini mampu menghasilkan magnetisasi meskipun medan magnet luar dihilangkan (Dunlop dan Ozdemir, 1997). Contoh bahan ferromagnetik adalah besi, nikel dan kobalt (Hunt, 1991).



Gambar 6. Kurva Histerisis (Evan dan Heller, 2003)

Gambar 6 memperlihatkan apabila sebuah bahan diberikan medan magnet, maka akan diperoleh magnetisasi saturasi (M_s) yaitu magnetisasi menjadi konstan walaupun medan magnet ditambahkan terus menerus sedangkan jika medan magnet dikurangi hingga mencapai nol, didapatkan bahwa magnetisasinya berada pada saturasi remanen (M_{R_s}) dan tidak kembali ke nol. Jika diberikan medan magnet pada arah yang

berlawanan, maka pada titik tertentu diperoleh induksi magnetiknya menjadi nol. Medan pada titik ini disebut koersivitas (H_c) yaitu gaya yang dimiliki oleh bulir-bulir mineral yang terdapat di dalam bahan untuk mempertahankan momen-momen magnetiknya dari pengaruh medan luar. Karakteristik yang lain adalah koersivitas remanen (H_{oR}), yang terjadi jika medan diberikan dan kemudian dihilangkan sehingga saturasi remanen akan berkurang menjadi nol.

5. Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menjadi termagnetisasi (Santoso, 2002). Menurut Hunt (1991), Suseptibilitas merupakan sebuah pengukuran tentang bagaimana magnetisasi dari suatu bahan dapat terjadi dan dapat digunakan secara umum untuk melukiskan sifat magnetik bahan. Suseptibilitas magnetik suatu bahan ditentukan oleh karakteristik mineral magnetik yang terkandung dalam bahan tersebut, misalnya komposisi dan struktur mineral, ukuran bulir magnetik dan juga tergantung pada kuat medan magnetiknya. Pengukuran suseptibilitas magnetik dapat dilakukan pada berbagai batuan, endapan maupun sedimen.

Suatu bahan magnetik akan menghasilkan magnetisasinya sendiri jika ditempatkan dalam medan magnet (H). Hal ini disebut sebagai magnetisasi induksi. Kuat medan magnetik yang diinduksikan oleh bahan magnetik karena adanya medan H disebut dengan intensitas magnetisasi M . Intensitas magnetisasi M dihubungkan dengan medan magnet H melalui suatu konstanta

kesebandingan () yang dikenal sebagai suseptibilitas magnetik. Hubungan ini ditunjukkan oleh persamaan (5).

$$M = \chi H \quad (5)$$

Nilai suseptibilitas suatu bahan magnetik dapat berharga positif atau negatif. Nilai positif menunjukkan bahwa harga intensitas magnetik M mempunyai arah yang sama dengan medan H dan nilai suseptibilitas magnetik yang negatif menunjukkan bahwa M berlawanan arah dengan H .

6. Mineral Magnetik Sebagai Indikator Pencemaran Lingkungan

Keberadaan suatu mineral magnetik dan kelimpahannya di alam dapat menggambarkan keadaan atau kondisi suatu lingkungan. Keberadaan mineral magnetik di alam yang sangat banyak dan beragam sehingga sulit untuk mengidentifikasinya (Huliselan dan Bijaksana, 2007). Kelimpahan *antrophogenic* polutan di lingkungan baik yang berasal dari pembangkit listrik, hasil pembakaran bahan bakar, aktifitas industri, aktifitas jalan raya, limbah rumah tangga, dan lain-lain akan menghasilkan kelimpahan mineral magnetik di lingkungan.

Kelimpahan mineral magnetik di lingkungan ternyata memiliki hubungan yang erat dengan proses-proses pencemaran dan kelimpahannya kemudian dipakai untuk mengestimasi status pencemaran (Chaparro, dkk, 2008). Sejumlah penelitian yang telah banyak dilakukan sebelumnya membuktikan bahwa semakin tinggi kandungan logam berat, maka makin tinggi pula parameter magnetik, terutama nilai suseptibilitas.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mahrizal dan Fatni Mufit (2013) berjudul *Monitoring Magnetik Terhadap Polusi Di Kota Padang*, mengatakan bahwa nilai suseptibilitas magnetik yang paling besar yaitu pada pabrik-pabrik yang kebanyakan berlokasi di kecamatan Lubuk Kilangan. Hal ini mungkin disebabkan karena di kawasan Lubuk Kilangan terdapat pabrik P.T Semen Padang. Partikel oksida besi sebenarnya tidak lebih dari fraksi yang kecil dari total debu, tetapi ada bukti bahwa partikel tersebut sangat berisiko terhadap kesehatan, terutama yang ukurannya lebih kecil. Secara nyata berdasarkan fakta bahwa partikel besi merupakan tracer yang sangat baik untuk mengetahui *total particulate content* dalam atmosfer dan konsentrasinya yang berhubungan dengan logam berat yang secara potensial berbahaya untuk tumbuhan, binatang, dan manusia.

Pengukuran magnetik menunjukkan bahwa tanah perkotaan memiliki perangkat tambahan magnet yang signifikan, yang ditandai dengan suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi (rata-rata $128 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Nilai Suseptibilitas magnetik tanah perkotaan menunjukkan korelasi negatif yang sangat signifikan dengan frekuensi suseptibilitas, bahwa mekanisme peningkatan magnetik tanah perkotaan berbeda dari kontribusi mineral feromagnetik pedogenik tanah yang di alam. Dikaitkan dengan bulir magnet yang pseudo-tunggal domain (PSD) dan multi domain (MD) berasal dari antropogenik kegiatan industri, pembakaran bahan bakar dan polusi lalu lintas. Penemuan ini menunjukkan bahwa pengukuran magnetik dapat digunakan

sebagai alat potensial untuk pemantauan polusi tanah, pemetaan distribusi spasial pencemaran dan membedakan sumber polutan di tanah perkotaan.

7. Tingkat Polusi Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik

Pembuangan limbah dan aktifitas lalu lintas kendaraan merupakan sumber signifikan dari polusi. Pembuangan limbah rumah tangga dan limbah industri ke sungai-sungai di perkotaan adalah sebagian dari penyebabnya. Pada dasarnya sumber pencemar dapat dibedakan menjadi sumber domestik, yaitu berupa limbah dari rumah tangga dan sumber non domestik, yaitu limbah dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, dan lain-lain. Limbah yang masuk ke dalam sungai menyebabkan meningkatnya kesuburan air dengan meningkatnya kandungan hara dan aspek-aspek kimia seperti Oksigen terlarut, Karbondioksida dan Nitrogen pada sungai. Hal tersebut akan berakibat terhadap penurunan kualitas air sungai. Selain itu, kandungan zat padat tersuspensi dalam air sungai juga akan meningkat sebagai akibat dari sedimentasi.

Mineral magnetik merupakan polutan yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan apabila tingkatannya sudah termasuk tinggi. Kajian mendalam yang dilakukan pada mineral-mineral magnetik karena informasi tentang kelimpahannya di alam dapat digunakan sebagai indikator masalah-masalah lingkungan (Bijaksana, 2002).

Tingkatan polusi bisa diketahui melalui metoda suseptibilitas magnetik. Nilai suseptibilitas masing-masing sampel dapat ditentukan berdasarkan

kategori tingkatan polusi berdasarkan jumlah nilai suseptibilitas sampel (Evan dan Heller, 2003). Tingkatan polusi ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkatan polusi berdasarkan nilai suseptibilitas (Heller, 1998)

Tingkatan polusi	Rentangan suseptibilitas (m^3kg^{-1})	Golongan
Tingkat I	$< 150 \times 10^{-8}$	Tercemar Rendah
Tingkat II	$150 \times 10^{-8} - 300 \times 10^{-8}$	
Tingkat III	$300 \times 10^{-8} - 450 \times 10^{-8}$	Tercemar Sedang
Tingkat IV	$450 \times 10^{-8} - 600 \times 10^{-8}$	
Tingkat V	$600 \times 10^{-8} - 1000 \times 10^{-8}$	Tercemar Tinggi
Tingkat VI	$> 1000 \times 10^{-8}$	

8. Suseptibilitas Bergantung Frekuensi

Pengukuran Suseptibilitas Bergantung Frekuensi atau *Frequency Dependence Susceptibility* (χ_{fd}) melibatkan dua pembacaan dengan frekuensi berbeda. Pengukuran Suseptibilitas *Low Frequency* (χ_{lf}) menggunakan frekuensi 0,46 KHz dan pengukuran Suseptibilitas *High Frequency* (χ_{hf}) menggunakan frekuensi 46 KHz. Pengukuran digunakan untuk mendeteksi kehadiran persentase mineral superparamagnetik (sangat halus $< 0.03 \mu\text{m}$) yaitu mineral ferrimagnetik yang menjadi kristal yang dihasilkan dengan proses biokimia dalam tanah. Sampel dengan mineral superparamagnetik akan sedikit menurunkan nilai pengukuran pada frekuensi tinggi, sedangkan sampel tanpa mineral superparamagnetik akan menunjukkan nilai identik pada pengukuran kedua frekuensi (Dearing, 1999).

Menurut Ramasamy, dkk (2009), suseptibilitas magnetik bergantung pada konsentrasi sama seperti halnya ukuran bulir, bulir super paramagnetik (SP) konsentrasi rendah sama seperti halnya bulir domain tunggal (SD) konsentrasi tinggi dapat menghasilkan sinyal suseptibilitas magnetik yang sama. Untuk menentukan hasil sinyal suseptibilitas magnetik baik dari konsentrasi atau ukuran bulir dapat digunakan rasio suseptibilitas bergantung frekuensi (t_{fd}). Suseptibilitas bergantung frekuensi juga digunakan untuk menentukan kontribusi bahan SP pada bahan.

Untuk mengetahui persentase suseptibilitas bergantung frekuensi digunakan formula:

$$t_{fd} = \left(\frac{t_{lf} - t_{hf}}{t_{lf}} \right) \times 100\% \quad (6)$$

Interpretasi nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi terhadap konsentrasi partikel superparamagnetik (SP) dapat dikategorikan seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Interpretasi nilai suseptibilitas bergantung frekuensi terhadap konsentrasi partikel superparamagnetik (SP) (Dearing, 1999)

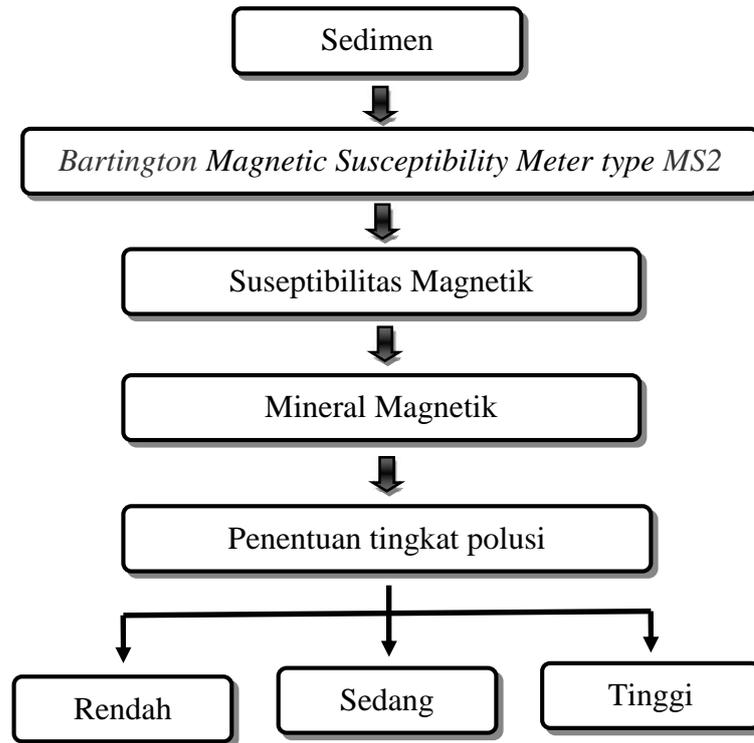
Nilai t_{fd}	Persentase t_{fd} (%)	Konsentrasi SP
Low t_{fd}	< 2,0	Hampir tidak memiliki partikel SP (10%)
Medium t_{fd}	2,0 – 10,0	Campuran bulir SP dan Bulir non SP atau bulir SP < 0,005 μm
High t_{fd}	10,0 – 14,0	Hampir semuanya (> 75%) bulir SP
Very High t_{fd}	> 14,0	Nilai yang jarang terjadi, bulir SP sangat banyak

B. Penelitian Relevan

Penelitian kandungan mineral magnetik pada sedimen sungai pernah dilakukan oleh Bilinski, dkk (2014). Mereka telah melakukan penelitian di sungai Croatian dan Slovenian untuk melihat pengaruh kandungan logam berat terhadap pencemaran lingkungan. Penelitian tentang identifikasi jenis mineral magnetik sebagai salah satu indikator pencemaran lingkungan juga pernah dilakukan oleh Novakova, dkk (2013) di sungai Morava, Republik Ceko. Selain itu, Ramasamy, dkk (2009) juga meneliti kandungan mineral magnetik pada sedimen sungai Ponnaiyar, Tamilnadu, India. Penelitian tersebut bertujuan untuk melihat pendekatan penentuan pencemaran lingkungan.

C. Kerangka Berfikir Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkatan polusi dan kandungan mineral magnetik pada sedimen di Sungai Batang Lembang Kota Solok. Untuk melihat sifat magnetik pada sampel digunakan metode suseptibilitas magnetik. Pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan alat *Bartington Magnetic Susceptibility Meter type MS2*. Pengukuran suseptibilitas magnetik ini dapat mengetahui konsentrasi mineral magnetik yang terkandung pada sampel. Setelah didapat nilai suseptibilitas magnetik, kemudian dapat ditentukan tingkat polusi, apakah termasuk kategori polusi tercemar rendah, sedang dan tinggi. Bagan kerangka berpikir penelitian secara ringkas dapat digambarkan pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Kerangka Berfikir Penelitian

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen Sungai Batang Lembang di Kota Solok, maka diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Nilai suseptibilitas magnetik sampel sedimen Sungai Batang Lembang di Kota Solok bervariasi, baik pengukuran dengan *low frequency* maupun dengan *high frequency*. Nilai suseptibilitas magnetik berada dalam rentang $1670,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dan $4226,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$.
2. Variasi nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan adanya peningkatan aktifitas manusia di daerah tersebut, sehingga juga meningkatnya sumber antropogenik dari aktifitas pasar raya, serta limbah domestik yang berasal dari beberapa tempat pembuangan sampah di pinggir sungai Batang Lembang, polusi lalu lintas seperti partikel dari kendaraan dan emisi pembakaran bahan bakar fosil. Efek antropogenik terutama terlihat di Kelurahan Pasar Pandan Aie Mati dan Kelurahan VI Suku Kecamatan Lubuk Sikarah. Ini diduga karena adanya kandungan mineral super paramagnetik atau bulir domain tunggal.
3. Korelasi antara suseptibilitas magnetik dan suseptibilitas bergantung frekuensi diperoleh nilai 0,7043 atau 70,43 %. Ini menunjukkan adanya korelasi positif dan tinggi.

B. Saran

1. Sampel sedimen yang diukur menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter type MS2* harusnya lebih banyak sehingga data yang diperoleh lebih teliti.
2. Pengukuran sampel sedimen dengan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter type MS2* sebaiknya didukung oleh data dari metoda pengukuran yang lainnya seperti XRD (*X-ray Diffraction*), ARM (*Anisotropy Remanent Magnetic*) dan IRM (*Isothermal Remanent Magnetic*) untuk menguatkan hasil identifikasi mineral serta metoda XRF (*X-Ray Fluoresence*) untuk melihat hubungan dengan unsur yang terkandung pada mineral.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial Teori Penerapan dan Pengolahan Data*. Bandung: CV. Rezki Putra.
- Achmad, H. 2001. *Kimia Unsur dan Radio Kimia*. Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.
- Bakosurtanal. 1991. *Peta Rupa Bumi Indonesia*. Skala 1:50.000.
- Bijaksana, S. 2002. *Analisa Mineral Magnetik dalam Masalah Lingkungan*. Bandung: Jurnal geofisika, 1, 19-27.
- Bilinski, Stanislav Fran iškovi , Halka B., Darko T., Nenad T., Krešimir M. dan Robert S. 2014. *Initial Magnetic Susceptibility Measurements in Sediments of Croatian and Slovenian Rivers*. Evora: New trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism.
- Butler, R. F. 1998. *Paleomagnetism Magnetic Domains to Geologic Teranes*. Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Chaparro, M.A.E., Sinitio, A.M., Ramasamy, V., Marinelli, C., Chaparro, M.A.E., Mullainathan, S., dan Murugesan, S. 2008. *Magnetic measurements and pollutants of sediments from Cauvery and Palaru River, India*. Environmental Geology, 56, 425-437.
- Djajadiningrat, Azis, H., 1992. *Pengendalian Pencemaran Limbah Industri*. Jurusan Teknik Lingkungan : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITB, Bandung.
- Dunlop, D., & O. Ozdemir. 1997. *Rock Magnetism*. USA: Fundamentals and frontiers. Cambridge Universitas Press.
- Evan, M. E., & F, Heller. 2003. *Environment Magnetism Principles and Application of Enviromagnetics*. California: Academic Presses.
- Hunt, C. P. 1991. *Handbook From The Environmental Magnetism Workshop*. Minneapolis. University of Minneasota.
- Jalenska, Maria. 2008. *Environmental magnetism: the roots and the bloom*. 2nd IASME / WSEAS International Conference on GEOLOGY and SEISMOLOGY (GES '08), Cambridge, UK.

- Mahrizal dan Fatni Mufit. 2013. *Monitoring magnetik terhadap polusi di kota Padang*. Lampung: Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 521-526.
- Maryono, Agus. 2009. *Kajian Lebar Sempadan Sungai*. *Dinamika Teknik Sipil*, 56, Volume 9, Nomor 1, 56 – 66.
- McMurry, J. E., & Fay, C, F. 2012. *Chemisstry 6th Edition*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Novakova, T., T. Matys Grygar, O. Babek, M. Famera, M. Mihaljevic dan L. Strnad. 2013. *Human impact on fluvial sediments: how to distinguish regional and Local sources of heavy metals contamination*. E3S Web of Conferences, 16008, 1 - 3.
- Pethick, J. 1984. *An Introducrion to Coastal Geomorphology*. London: Edward Arnold Ltd.
- Rahayu, Subekti, dkk. 2009. *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Ramasamy, V., G. Suresh dan R. Venkatachalapathy. 2009. *Magnetic Susceptibility of the Ponnaiyar River Sediments, Tamilnadu, India*. *Tamilnadu: Global J. Environ. Res.*, 3, 126-131.
- Tauxe, L., 2007. *Lectures in Paleomagnetism*. <http://earthref.org/MAGIC/books/Tauxe/2007/lecture 6>.